Aus der I. Chirurgischen Klinik der Universität München
Direktor: Professor Dr. Rudolf Zenker

MUSKELZUGFRAKTUREN DER OBEREN UND UNTEREN EXTREMITÄTEN SOWIE DER RIPPEN UND DES BECKENS

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

EUGEN HERNDL

aus München - Wien

1972

Aus der I. Chirurgischen Klinik der Universität München
Direktor: Professor Dr. Rudolf Zenker

MUSKELZUGFRAKTUREN DER OBEREN UND UNTEREN EXTREMITÄTEN SOWIE DER RIPPEN UND DES BECKENS

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

EUGEN HERNDL

aus München - Wien

1972

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. M. Pöschl

Mitberichterstatter: Prof. Dr. R. Zenker

Dekan: Prof. Dr. Sperm

Tag der mündlichen Prüfung: 7.3.72

INHALTSÜBERSICHT

	Seite
I.) Muskelzugfrakturen - allgemein	1
1.) Definition	1
2.) Geschichtliches	3
II.) Fälle und deren Beschreibung	3
A) Muskelzugfrakturen der oberen Extremität	3
1.) Humerus	3
2.) Tuberculum majus	27
3.) Epicondylus humeri	28
4.) Akromion	30
5.) Clavicula	32
6.) Olekranon	33
7.) Ulna	37
8.) Processus coronoides ulnae	38
9.) Naviculare	39
10.) Basis des Zeigefingermittelgliedes	41
B) Rippenfrakturen	42
C) Beckenfrakturen	52
1.) Spina iliaca anterior superior	52
2.) Spina iliaca anterior inferior	59
3.) Os pubis	62
4.) Tuber ossis ischii	64
D) Untere Extremität	67
1.) Trochanter major	67
2.) Trochanter minor	70
3.) Femur	77
4.) Tibia	82
5.) Tuberositas tibiae	82
6.) Patella	88
7.) Capitulum fibulae	97
8.) Calcaneus	98
9.) Tuberositas metatarsalis V	104

Seite

III.) Diskussion der Ätiologie 105

Übersicht

Zusammenfassung

Literaturübersicht

I.) Die Muskelzugfraktur - allgemein

1.) Definition

Gegenstand dieser Arbeit sind Frakturen, die

1. an einem Knochen zustande kamen, der zum Zeitpunkt des Unfallereignisses gesund, d. h., durch keinen krankhaften Prozeß vorgeschädigt war und

2. in der Hauptsache durch die an dem betroffenen Knochen einwirkenden Muskelkräfte verursacht wurden und bei deren Zustandekommen äußere Gewalteinwirkung eine untergeordnete Rolle spielt.

Den Normalbelastungen ist das menschliche Knochensystem durcn seine Elastizität und Festigkeit ohne weiteres gewachsen. Geht jedoch diese Belastung über gewisse Grenzen hinaus, so verliert der Knochen an der Stelle seiner stärksten Beanspruchung die kontinuierliche Struktur, er bricht.

H e n s c h e n (1) hat mit Untersuchungen über den submikroskopischen Feinbau des Knochens im röntgenspektralanalytischen Verfahren nachgewiesen, daß bei über das Gewöhnliche hinausgehende Belastungen des Knochens, die Knochenkristalle unter Auftreten sogenannter Gleitkristalle an nicht aufgelockerte Kristallgebiete gelangen. Die so geschädigten Gebiete werden dann durch Rekristallisation gefestigt und leistungsfähiger als zuvor. Wird der Knochen nun im Zustand dieser Gleitdeformation weiter überbeansprucht und ihm so die Möglichkeit zur Resythese dieser geschädigten Gebiete entzogen, so entsteht eine zunächst frakturlose Deformation der Knochenstruktur und bei einer darauffolgenden exzessiven Überbelastung an der Stelle der am stärksten aufgelockerten Gleitlinienzone eine Fraktur.

Diese Erkenntnis erklärt in erster Linie die sogenannten Ermüdungsbrüche, auf die in dieser Arbeit nicht eingegangen werden soll. Daß der eben erwähnte Vorgang für das Zustandekommen einer Muskelzugfraktur eine gewisse, aber doch keine entscheidende Bedeutung hat, das beweisen die in der Literatur beschriebenen Fälle von Frakturen durch Muskelzug bei einem Tetanusanfall, während Elektroschockbehandlungen und während eines Insulinschocks. Dies waren mit Sicherheit plötzlich aufgetretene Ereignisse, die einer mikroskopischen oder submikroskopischen langsamen Vorschädigung des Knochens keine Zeit ließen. Als Ursache für die Entstehung einer Fraktur im Sinne des hier zu behandelnden Themas wären vor allem die noch zu erläuternden Begriffe inkoordinierte Bewegung, übermäßig forcierte Muskelaktion, Mißverhältnis zwischen Muskelkraft und Knochenbau, Unter- bzw. Übertraining und psychische Faktoren, wie überstarker Wille zu einer Höchstleistung, zu erwähnen.

Bei der Durchsicht der gesamten deutschsprachigen Literatur wurde besonderes Augenmerk darauf gerichtet, unter den, aufgrund der außergewöhnlichen Verletzungsart naturgemäß nicht allzu zahlreich beschriebenen Fällen, nur diejenigen zur Erwähnung kommen zu lassen, deren Autoren eine krankhafte Vorschädigung des betroffenen Knochens ausdrücklich ausschließen. Zur Vervollständigung des Themas wurden z. T. auch fremdsprachige Veröffentlichungen herangezogen. Die sechs hier zusätzlich beschriebenen Fälle wurden an der chirurgischer Universitätsklinik München im Rahmen der gutachterischen Tätigkeit von Herrn Prof. Dr. Max Pöschl beobachtet. Die Darstellung einer Gesamtstatistik der in jüngster Zeit aufgetretenen Muskelzugfrakturen ist gegenwärtig nicht möglich, da an den Kliniken, bei den Berufsgenossenschaften und den Versicherungen diese Verletzungsart keine ausdrückliche gesonderte Erwähnung findet und in dem äußerst umfangreichen Krankengut somit nicht zugänglich ist.

2.) Geschichtliches

Diese, wie man glauben möchte, recht seltene Verletzungsart wurde schon vor langer Zeit beobachtet und beschrieben. Bereits vor Christi Geburt hat H i p p o k r a t e s (2) einen derartigen Fall ausdrücklich erwähnt. Des weiteren hat Ingrassia 1510 - 1580 einen Fall klinisch beobachtet, der dann von M o r g a g n i (3) ausführlich beschrieben worden ist. Es handelt sich hierbei um einen jungen Lanzenwerfer, der strauchelte und um diesen Sturz zu verhindern, den muskulus ileopsoas maximal kontrahierte und sich dabei eine Fraktur des trochanter minor zuzog.

Als auffällig erscheint bei der Durchsicht der gesamten Literatur, daß in der Zeit unmittelbar vor und während des ersten und zweiten Weltkrieges bei weitem die meisten Veröffentlichungen zu finden sind, während in Nachkriegs- und Friedenszeiten nur wenige Autoren diesem Thema Beachtung schenken. Dies läßt sich möglicherweise darauf zurückführen, daß einerseits in der Zeit vor und während der beiden Weltkriege begreiflicherweise großes Augenmerk auf die körperliche Ertüchtigung weiter Teile der Bevölkerung gerichtet wurde und andererseits, wie noch zu beweisen sein wird, die Muskelzugfraktur als eine typische Sportverletzung anzusehen ist.

II.) Fälle von Muskelzugfrakturen und deren Beschreibung

A) Die Muskelzugfrakturen der oberen Extremität

1.) Humerusfraktur

Obwohl man versucht ist, anzunehmen, daß die Muskelzugfraktur an den langen Röhrenknochen eine sehr seltene Verletzung darstellt, da doch, wie man meinen möchte, eher ein Knochenstück an der Muskelansatzstelle herausgerissen wird, als daß es zur Fraktur eines so kompakten

Gebildes, wie des humerus kommen kann, so sind doch in der Literatur eine ganze Reihe dieser Fälle beschrieben worden. In der Hauptsache wurde diese Verletzung als Folge von Wurf- oder Schleuderbewegungen beobachtet.
C. L. W i l m o t h (4) beschreibt einen Baseballspieler, der sich beim Schleudern des Balles durch die Wucht seines Wurfes einen Spiralbruch in der Mitte des Oberarmes zuzog. Der Autor erwähnt in seinem Fall als Besonderheit, daß sich sein Patient ein Jahr nach der Heilung nochmals aus demselben Anlaß die gleiche Fraktur zuzog und daß es sich um einen kräftigen jungen Menschen mit anscheinend vollkommen normalen Knochen handelte.

A s h u r s t (5) und der Japaner K a s u y a (6) erwähnen ebenfalls einen Fall von Torsionsfraktur des humerus, die durch das Werfen eines Balles beim Baseballspielen hervorgerufen war.
M e l n o t t e (7) erwähnt eine Fraktur des humerus dicht unter der Insertion des muskulus deltoideus, als sein Patient einen Stein nach einem Hund warf. Diese Spiralbrüche wurden häufig auch beim Werfen von Handgranaten beobachtet. S e i d e l (8) beschreibt zwei Fälle.

1. 31-jähriger Offizier-Stellvertreter

Am 18.8.1916 übte er mit seinen Mannschaften das Werfen von Handgranaten und wollte, wie er sich ausdrückte, ihnen mal selbst ordentlich zeigen, wie es gemacht wird. Zu dem Zwecke holte er sehr weit mit dem rechten Arm nach hinten aus und als er ihn wieder zum Abwurf nach vorne herumschwang, fühlte er einen heftigen Schmerz im Oberarm. Die Handgranate flog nach rechts ab. Der Arm sank kraftlos herab und konnte nicht mehr selbsttätig bewegt werden.
Befund: An der Grenze zwisc hen mittleren und unteren Drittel deutliche Fraktur mit geringer Dislokation Schrägfraktur.

2. 33-jähriger Infanterist

Beim Üben von Handgranatenwerfen plötzlich lebhafter Schmerz im rechten Oberarm, als er besonders kräftig ausholend die Handgranate abwarf. Unfähigkeit den Arm weiter zu gebrauchen.
Befund: Fraktur des humerus an der Grenze zwischen mittleren und unteren Drittel mit geringer Dislokation des unteren Bruchstückes nach hinten Schrägbruch.
Der Autor erwähnt noch, daß Knochenerkrankungen, welche zu besonders leichter Knochenbrüchigkeit führen nach Anamnese und Befund nicht vorhanden waren.

Einen weiteren Fall beschreibt W a r s t a t (9).

"E. F. 17-jähriger Primaner. Am 3.9.1916 beteiligte sich der Patient an einer kriegsmäßigen Übung im Werfen von ungeladenen Stielhandgranaten. Beim Schleudern einer Handgranate verspürte er im Augenblick des Abwerfens einen plötzlichen heftigen Schmerz im rechten Oberarm. Dieser war so heftig, daß er den Arm nicht mehr bewegen konnte. Die Röntgenuntersuchunng ergibt einen Schraubenbruch des rechten humerus. Die obere Grenze der Bruchlinie liegt halbhandbreit unterhalb des Deltoideusansatzes, die untere drei Querfinger oberhalb des Ellenbogengelenkes."

W a r s t a t betont ausdrücklich die kräftig entwickelte Muskulatur des sonst schlanken jungen Mannes.

Ein weiterer Fall, beobachtet von Prof. Kehl, betrifft einen 23-jährigen Schützen, "der im Gegensatz zu seinen Kameraden gewöhnt ist, seine Handgranaten in hohem Bogen zu werfen. Er verspürte einen schrecklichen Schmerz im rechten Arm.
Klinik- und Röntgenbefund: Torsionsbruch am Übergang vom mittleren zum unteren Drittel des rechten humerus. Die Knochenbruchstellen hatten keine krankhafte Veränderung."

S c h l ä p f e r (10) berichtet ein ähnliches Ereignis. "In unserem Falle handelt es sich um einen 22-jährigen Kaufmann, der beim Schleudern einer Handgranate ein Krachen im rechten Arm verspürte."

Es erhebt sich nun die Frage, wie es bei einer solchen, im Rahmen der sportlichen Tätigkeit durchaus normalen Bewegung, zu einer so schwerwiegenden Verletzung kommen konnte. D o u b l e (11) hat bei der hier geschilderten Schleuderbewegung den humerus sehr anschaulich mit einem Stock verglichen, den man kräftig in der Luft peitscht und nun plötzlich im Schlage innehält. Das in der Hand gehaltene Stück wird plötzlich gewaltsam zurückgehalten, während das entgegengesetzte Ende noch das Bestreben hat, der anfangs mitgeteilten Bewegung nach vorne zu folgen. Der Stock knickt an der Stelle ein, wo die Kräfte sich treffen, also im Drehpunkt, wenn man den humerus als einen Hebel im physikalischen Sinne betrachtet. Der Zug der Muskulatur auf der einen Seite und die träge Masse des Armes zusammen mit dem zu werfenden Gegenstand bilden die an diesem Hebel angreifenden Kräfte. Die sogenannte Schleuderfraktur zeigt zwei voneinander zu unterscheidende Entstehungsarten. Einmal kann der Knochen beim schwungvollen Ausholen zum anderen im Moment des Abwerfens brechen. In dem z. B. von Warstat beschriebenen Fall einer Verletzung im Moment des Abwurfes befindet sich der distale Teil des Armes in einem kräftigen Schwung nach vorn, während die Muskulatur des Schultergürtels den proximalen Teil des Arms fixiert und den Schwung nach vorn zu bremsen versucht. B u r k h a r d (12) schreibt hierzu: "Um diesen Schwung aufzuhalten, kontrahieren sich hierzu berufene Schultermuskeln. Sie sind also bereits kontrahiert oder verkürzt, aber noch nicht beansprucht, ehe die Bewegung des Arms

so weit fortgeschritten ist, daß sie infolge des Kontraktionszustandes der Muskeln gehemmt wird. Die träge Masse des bewegten Armes gibt hier den letzten Anstoß. Der obere Teil des Arms wird durch die vorher schon kontrahierten bzw. verkürzten, jetzt beanspruchten Muskeln, festgehalten. Die bewegte Masse der distalen Partie des Arms sucht diese in der bereits eingeschlagenen Richtung, z. B. nach unten, weiterzubewegen. Dadurch entsteht die entgegengesetzte, nach oben gerichtete Kraft an der Ansatzstelle der Schultermuskeln. Der Oberarmknochen wird hier überbeansprucht und bricht."

Diese Darstellung B u r k h a r d s steht im Gegensatz zu der von W a c h s m u t h und W ö l k (13) vertretenen Auffassung, daß eine zu spät einsetzende Antagonistenhemmung bei der schwungvollen Streckung des Armes für das Zustandekommen einer Humerusfraktur anzuschuldigen ist. Sie sind also der Meinung, daß die antagonistische Muskulatur bei der Ausübung einer derartigen Schleuderbewegung normalerweise gehemmt werden müßte. Diese Forderung ist nach der heutigen Auffassung der Physiologen richtig - in einem gesonderten Kapitel wird dieses Thema noch ausführlich besprochen - hat aber nur während der eigentlichen Wurfphase ihre Gültigkeit. Am Ende dieser Phase, also beim Abwurf wird nach dem für den gesamten Organismus gültigen Regelsystem des Rückkopplungsmechanismusses die Tätigkeit der Antagonisten gefördert. Ein Überschießen der Wurfbewegung, die möglicherweise eine Luxation des Schultergelenkes zur Folge hätte, wird damit rechtzeitig verhindert. Der zeitliche Ablauf der einzelnen Muskelaktionen bei einer derartigen Schleuderverletzung entspricht also durchaus dem physiologischen Ablauf. Für die Entstehung dieser Fraktur wird demnach ein anderer Grund zu finden sein.

Während K a i s e r (14), der selbst sieben Frakturen beobachtete, im Sinne B u r k h a r d s (12) darauf hinweist, daß der Abwurf aus einer leicht stumpfwinkeligen Haltung des Armes im Ellenbogen erfolgt und für das Zustandekommen der Fraktur einerseits die plötzliche Fixation des Oberarmes, andererseits die bei dieser Fixation fortdauernde Drehung des Armes anschuldigt, sieht Prof. K e h l (15) die Hauptursache in der beschleunigten trägen Masse des zu werfenden Gegenstandes. Er schreibt:
"Beim Abwurf stellt der Schultergürtel den Oberam im Schultergelenk fest. Auch der Unterarm ist im stumpfen Winkel fixiert. Der Torsionsbruch erfolgt bei Nichtöffnen der Hand."

Die bisher besprochenen Autoren sahen alle in der Auseinandersetzung Antagonist muskulus deltoideus contra beschleunigte Masse die Hauptursache und sprachen von einer sogenannten Schleuderfraktur.
S e i d e l (8) gibt für seine beiden Fälle eine andere Erklärung. Er stellt die Aktion des muskulus trizeps in den Vordergrund und spricht von einem Biegungsbruch. Er glaubt, die Ursache der Fraktur ist die übermäßig intendierte Streckung des Armes, die durch den muskulus trizeps vermittelt wird. Der stark kontrahierte trizeps fixiert das olekranon mit plötzlichem Ruck in der fossa olekrani, wodurch der humerus stark auf Biegung beansprucht wird und bei Überschreitung der Elastizitätsgrenze bricht.

S e i d e l (8) schreibt wörtlich:

"Eine bestimmt ausgesprochene Prädilektionsstelle für die durch Wurfbewegungen entstandene Fraktur des humerus ist nicht vorhanden. Unter den erwähnten 28 hierher gehörigen Fällen saß zwölfmal die Fraktur im unte-

ren Drittel, neunmal im oberen Drittel bis zum Ansatz des deltoideus oder dicht darunter, zweimal etwas über der Mitte. Fünfmal war über die Bruchstelle nichts angegeben. Meine beiden eigenen Fälle wiesen eine Fraktur im unteren Drittel auf. Im Zusammenhang mit den Angaben Gurlts kann man also wohl sagen, daß die Anschauung von Saars, daß die durch Werfen entstandenen Frakturen des Oberarmes meist im oberen Drittel sitzen, nicht den Tatsachen entspricht. Eine Prädilektionsstelle ist, wie gesagt, nicht vorhanden; würde nach den bisher vorliegenden Angaben aber wohl eher im unteren als im oberen Drittel zu suchen sein."

"Für viele Fälle trifft wohl die übliche Erklärung zu, daß beim kräftigen Fortwerfen eines Gegenstandes, wenn der Arm in der Engstellung beim Abwurf plötzlich fixiert wird, der unterhalb des Deltoideusansatzes gelegene Teil des humerus seine Bewegung beizubehalten versucht und bei der ihm erteilten hohen Geschwindigkeit an der Stelle der Fixation, d. h., in der Gegend des Deltoideusansatzes, abbricht. Wie etwa ein Stock, der durch einen kräftigen Schlag in die Luft in der Nähe der Stelle, wo er in der Hand gehalten wird, abbrechen kann. Hier spielt das Beharrungsvermögen der in Bewegung gesetzten Masse des Armes eine ausschlaggebende Rolle. Nicht erklärt werden hierdurch aber diejenigen Fälle, die, wie auch meine beiden Beobachtungen, die Fraktur in der Mitte und am unteren Humerusende aufweisen. Hier fehlt der Fixationspunkt, an dem die fortbewegende Kraft gehemmt wird, so daß hier die Trennung von dem langsamer bewegten oder zur Ruhe gekommenen Knochenteil erfolgen müßte. Es scheint mir für die Brüche am unteren Humerusende vielmehr die übermäßig intendierte Streckbewegung des Armes, wie sie für den Abwurf an

und für sich notwendig ist und durch den muskulus trizeps vermittelt wird, von ausschlaggebender Wichtigkeit zu sein. In dem Bestreben, einen recht guten Wurf zu tun, wird der Arm in Streckstellung vorgeschleudert. Der übermäßig stark kontrahierte muskulus trizeps fixiert das olekranon mit plötzlichem Ruck in der fossa olekrani des Oberarmes und sucht nun weiter den Raum zwischen seinem proximalen Ansatz vom Schulterblatt und seinem distalen Ansatz am olekranon zu verkürzen. Der humerus, an dem ja der trizeps fest angeheftet ist, wird hierdurch stark auf Biegung beansprucht, kann derselben naturgemäß nur im geringen Grade folgen und bricht, wenn bei der übermäßigen Kontraktion des trizeps die Elastizitätsgrenze überschritten wird. Ich möchte also für die Frakturen am oberen Humerusende des am oder dicht unter dem Ansatz des deltoideus die Kontraktion des letzteren, für die Frakturen in der Mitte oder im unteren Drittel die Kontraktion des trizeps als ursächliches Moment in Anspruch nehmen."

Die Bezeichnung "Biegungsbruch" verwendet auch S c h l ä p f e r (10):

"Beim Werfen der Handgranate haben Vorderarm und untere Hälfte des Oberarmes eine Bewegungsenergie in Wurfrichtung. Im Moment des Wurfes ist der Oberarm eleviert. Der Vorderarm zum Oberarme leicht gebeugt. Am Schlusse des Aktes wird der Oberarm plötzlich muskulär fixiert gehalten, während Vorderarm und untere Hälfte des Oberarmes noch in der Wurfrichtung eine gewisse lebendige Kraft besitzen. Dadurch entsteht in der Humerusdiaphyse eine entgegengesetzte Kraftwirkung, bedingt durch die muskulär fixierten oberen Humeruspartien (pectoralis latissimus deltoideus) der weiter nach vorne strebenden unteren

Oberarmpartie mitsamt dem Vorderarm. An der Berührungsstelle der beiden sich entgegenwirkenden Kraftkomponenten entsteht der Bruch: Biegungsbruch."

H. C i s z k i e w i c z (16) erwähnt als bemerkenswertes Faktum bei der Entstehung von Oberarmfrakturen beim Handgranatenwerfen, daß bis zum Jahre 1931 der klassische Wurf mit ausgestrecktem Arm geübt wurde. Seit man zu einer Wurftechnik mit gebeugtem Arm überging, wurde ein starkes Ansteigen der Muskelzugfrakturen am Oberarm beobachtet. Wie bei S e i d e l (8) erfolgten in den 15 Fällen, die C i s z k i e w i c z (16) beschreibt, die Frakturen ebenfalls im distalen Drittel des Oberarmes. Mit der genauen Wurftechnik und dem differenzierten Kräftespiel der Muskulatur am Oberarm und des ganzen Rumpfes, der daraus sich ergebenden ätiologischen Aspekte für das Zustandekommen einer Fraktur und über die Schwierigkeit, in seinem Fall Muskelzug- und Ermüdungsfraktur voneinander zu trennen, beschäftigt sich v. K r a i n z (17) in seiner Veröffentlichung:

"Fall: Unteroffizier Dietrich W., ausgesprochen sportbetonte Anamnese, leptosom athletischer Typ. Am 22.9. 1938 leitete Unteroffizier W. den Sportunterricht. Nachdem er sich durch einen langsamen 400 m - Lauf genügend aufgewärmt hatte, stieß er zweimal mit der Kugel. Unmittelbar danach warf er eine Übungshandgranate ungefähr 45 m weit. Bei dem nun folgenden Wurf mit derselben hörte er einen Krach, verlor die Handgranate und der Oberarm fiel schlaff herab. Dieser wurf geschah nicht im Wettkampf. Es fehlte somit der psychische Reiz der Aufregung und des Ehrgeizes. Nach der Schilderung des Falles kann man auch nicht von einer Affektbetontheit des Wurfes sprechen, die eine stärkere Kontraktion der in Frage kommenden Muskeln zur Folge gehabt hätte. Die Röntgenaufnahme

zeigt einen Spiralbruch und Stückbruch des rechten Oberarmes im mittleren und distalen Drittel."

"Zum Verständnis des Mechanismus dieser Fraktur wurde bis jetzt von Seidel, Warstat und anderen lediglich die Muskelzugwirkung auf den Oberarm allein herangezogen. Andere Autoren vermuten als Ursache des Bruches eine ruckartige hemmende Kraft, die während der Wurfbewegung an einem bestimmten Angriffspunkt eingreift und so den Bruch verursacht. Die einseitige, überphysiologische Beanspruchung des Knochens (Baetzner) und die damit verbundene Ermüdung des Materials, wie sie auch bei der toten Substanz bekannt ist sowie die Totalität der Wurfbewegung, in welcher die Bewegung des Oberarmes nur eine Teilbewegung ist, wurde bis jetzt in der Literatur überhaupt nicht berücksichtigt.

Für die sportliche Beurteilung dieses Falles muß zuerst das vorangegangene Training für die Meisterschaften und der Bewegungsmechanismus des Handgranatenwurfes einer Betrachtung unterzogen werden. Unteroffizier W. hat durch das jahrelange wettkampfmäßig betriebene Schleuderballspiel in seiner frühesten Jugend, durch das Training des Handgranatenwurfes im Jahre 1936, ferner durch das tägliche an der Sportschule der Luftwaffe geübte Handgranatenwerfen sowie durch das Training für die Heeresmeisterschaften neben der normalen militärischen Ausbildung in dieser Disziplin, seinen rechten Oberarm einer einseitigen überphysiologischen Dauerbeanspruchung unterzogen. Diese hat auch durch die Funktion zu einem strukturellen Schaden des Knochens, der dadurch geschwächt wurde, geführt (Baetzner). Der Bruch entstand an der Stelle der Schädigung und der stärksten Beanspruchung. Aus der Röntgenaufnahme des gebroche-

nen Knochens konnte der Beweis für eine Knochenschädigung durch Erkennung von Umbauzonen, Strukturveränderungen oder atrophische corticalis nicht erbracht werden, was sie aber nicht ausschließt."

Es ist also der letztliche Beweis, ob für die Entstehung der Fraktur eine Dauerschädigung des Knochens oder eine unkoordinierte Bewegung infolge Muskelermüdung (sh. Kapitel Muskelphysiologie) anzuschuldigen ist, oft schwer zu erbringen.

Von K r a i n z (17) schreibt weiter:

"Zum Verständnis des Mechanismus der Fraktur muß die Technik der Wurfbewegung herangezogen werden. Aus einer seitlichen Grätschstellung als Ausgangsstellung mit gebeugtem Sprung-, Knie- und Hüftgelenk bei Bewegung des Oberkörpers und Drehung desselben nach rechts und rückwärts, holt der mit der Handgranate beschwerte rechte Arm mit zurückgenommener Schulter soweit als möglich nach rückwärts aus. Dadurch werden die Muskeln pectoralis major, die vorderen Fasern des muskulus deltoideus und der muskulus coracobrachialis gedehnt. Bei dem nun folgenden Abwurf wird durch Streckung des rechten Sprung-, Knie- und Hüftgelenkes sowie durch Vorreißen des letzteren (Körperwelle) und Dehnung des Oberkörpers um eine senkrechte Achse, welche durch das linke Bein laufend gedacht ist, der Schwerpunkt des Körpers in eine Vorwärtsbewegung gebracht. Dadurch wird der Körper aus einer Drehbeuge in eine Gesamtstreckstellung gebracht und festgestellt. Die gedehnten Muskeln, die den Oberarm mit dem Thorax verbinden, wie die pectoralis major, die vorderen und mittleren Fasern des muskulus deltoideus sowie des muskulus coracobrachialis, die am Thorax ihren Ursprung haben, bekommen bei der durch die Gesamtstreckung des

Körpers erfolgten Kontraktion der Rumpfmuskeln ein punktum fixum und können nun umso besser zur Kontraktion gebracht werden. Nun erst wird die Schulter des Wurfarmes und dieser selbst vorgerissen und der linke Arm durch die Rumpfdrehung zurückgenommen. Die Vorwärts- und Aufwärtsbewegung des Armes, welche unter einem Winkel von ungefähr 45 Grad zum Boden erfolgt, ist keine gleichmäßige, sondern eine in der Geschwindigkeit zunehmende. Der plötzliche Ruck während der Bewegung entsteht durch die Einnahme der Streckstellung des Körpers, durch welche der Wurfarm gleichsam vorgerissen wird.
Der Mechanismus des Bruches ist folgender:
Durch die Streckung bei der Ausholbewegung wird durch die Kontraktion des muskulus trizeps der humerus, welch letzterer einerseits durch das Schulterblatt, andererseits durch die fossa olekrani fixiert ist (Heiss) im Sinne einer Beugung nach der dorsalen Seite beansprucht. Bei dem Vorwärts- und Aufwärtsschleudern des Armes bei der Wurfbewegung hat die Kraftwirkung der Muskelzüge drei Komponenten: eine vorwärtsziehende Wirkung, bedingt durch die Muskeln pectoralis major, die vorderen Fasern des muskulus deltoideus und coracobrachialis. Eine adduzierende Wirkung, bedingt durch die Muskeln pectoralis major, die vorderen Fasern des muskulus deltoideus und coracobrachialis sowie eine nach innen rollende Wirkung, bedingt durch den muskulus pectoralis major. Dieser letztere ist von den drei aktiv wirkenden Muskeln am stärksten. Er hat seinen Ansatz mit seiner vorderen Schicht an der crista tuberculi majoris mit seiner hinteren Schicht an der crista tuberculi minoris. Beide Schichten hängen distal zusammen. Dieser Ansatz befindet sich im proximalen Drittel des humerus. Die Ansatzsehne des muskulus pectoralis major hängt ferner mit ihrem

unteren und vorderen Ende mit den Ansätzen der vorderen Fasern des muskulus deltoideus zusammen, der auch eine adduzierende Wirkung ausübt. Medial und unterhalb der beschriebenen Ansätze befindet sich der Ansatz des muskulus coracobrachialis. Demnach befindet sich neben dem Hauptangriffspunkt der vorwärtsbewegenden, anziehenden und rotierenden Kraft noch die Angriffspunkte der vorwärts anziehenden Kraft des muskulus deltoideus und der anziehenden Kraft des muskulus latissimus dorsi. Diese Kraftwirkungen werden noch durch die etwas distal und medial angreifenden des muskulus coracobrachialis verstärkt.

Der Widerstand eines Körpers ist in dem Moment am größten, in welchem die ruhende Masse, das ist in diesem Fall das Arm- und Handgranatengewicht, in Bewegung gesetzt wird. Dabei ist noch zu berücksichtigen, daß sich gegenüber dem Muskelansatz des pectoralis major mit einem sehr kurzen Kraftarm das Hauptgewicht, in diesem Falle das Gewicht des Unterarmes und der Handgranate (500 g) mit einem sehr langen Lastarm verbindet. So wird der durch die Kontraktion des muskulus trizeps sowie dem Gewicht des Unterarmes und der Handgranate im dorsalen Sinne beanspruchte Oberarmknochen durch die am Scheitel der gedachten Konvexität des Oberarmes angreifenden, entgegengesetzt wirkenden Muskelzugkraft des muskulus pectoralis major und der anderen Muskeln infolge des Mißverhältnisses zwischen Muskelkraft und Knochenfestigkeit zerrissen. Durch diese auf das obere und mittlere Drittel des humerus wirkende Kraftkonzentration, welche eine vorwärtsbewegende, aber auch anziehende und rotierende ist, beschreiben die einzelnen Punkte des Knochens keine Gerade, sondern eine Spirale. Daraus

erklärt sich die spiralige Frakturenlinie im oberen Drittel, weil der Verlauf der Frakturlinie von den einwirkenden Kräften, das ist hier der Muskelzug, abhängig ist. Diese Erkenntnis wird noch durch die Tatsache gestützt, daß die meisten Knochenschädigungen an den Angriffspunkten der Hauptkräfte gefunden werden. Die Zugwirkung des maximal gedehnten muskulus brachialis, der mit seinem Ursprung die Ansatzstelle des Deltamuskels umfaßt, dürfte diese Frakturlinie auch nach unten verlagert haben."

H ü l s e (18) beschäftigte sich ebenfalls mit dem Bewegungsablauf beim Handgranatenwerfen und gliedert die Bewegung in zwei Abschnitte:

Die Fraktur kommt zustande

"erstens durch heftige Schleuderbewegung des ganzen Armes in der Schulter, zweitens durch die kurze schnelle Streckung des Unterarmes im Ellenbogengelenk. In dem Augenblick, in dem diese Bewegungen durch die antagonistischen Muskelgruppen plötzlich gehemmt werden, muß sich die Hand des Werfers öffnen. Tritt die Öffnung (Muskelaktion) der Hand zu spät sein, so erfolgt allein durch die erteilte lebendige Kraft ohne wesentliche Mitwirkung des trizeps eine starke Überstreckung des Armes, was die Fraktur bedingt."

Diese typische Wurfverletzung interpretiert M a t t i (19) ebenfalls als eine Biegungsfraktur infolge inkoordinierter Bewegung. Er behandelt schon etwas genauer die Folgen einer zielgerichteten oder zwecklos innervierten Muskelaktion:

"Bevor die Schleuder- oder Wurfbewegung des Armes

zum Abschluß gekommen ist, greift eine hemmende Kraft ein, an deren Angriffstelle dann eine Biegungsfraktur entsteht. Gewöhnlich sind es inkoordinierte Kontraktionen des deltoideus, die bei den in Frage stehenden Bewegungen plötzlich hemmend einwirken. Der Arm wird so in einen ungleicharmigen Hebel verwandelt, dessen langer, von der Hand bis zur Ansatzstelle des deltoideus reichender Teil, in der Nähe des Deltoideusansatzes abbricht. Es handelt sich somit bei diesen Schleuderfrakturen um Biegungsfrakturen infolge unvollkommener Koordination der Muskelaktion. Ähnlich liegen die Verhältnisse beim Lufthieb. Im Moment, wo die genau berechnete Bewegung nicht, wie erwartet, infolge Auftreffen des Schlages gehemmt wird, tritt reflektorisch unzweckmäßig dosierte aktive Muskelhemmung ein, die zur Fraktur führt."

Auch M a t t i (19) differenziert wie S e i d e l (18) zwischen Bruchlokalisation im oberen und im unteren Drittel des humerus und deren verschiedener Ätiologie. Zu obigem Text schreibt er:

"Diese Erklärung trifft jedoch nur zu für Fälle, bei denen der Bruch des humerus in der Nähe der Ansatzstelle des deltoideus erfolgt. Die im unteren Drittel des humerus lokalisierten Wurffrakturen, die während des letzten Krieges namentlich beim Werfen von Handgranaten beobachtet wurden, sind Torsionsbiegungsbrüche, die unter kombinierter Einwirkung der rotierenden Hebelwirkung des Vorderarmes und Längsmuskeldruck zustandekommen."

F. H e i ß (20) legt seinen ätiologischen Überlegungen im Gegensatz zu den anderen Autoren in der Hauptsache die Dynamik des zu beherrschenden Wurfgegenstandes zugrunde:

"Es kommt darauf an, daß man beim Werfen erstens unter das Gerät geht und nicht mit dem Körper nach links ausbiegt (beim Rechtshänder), zweitens, die Faust mit dem Wurfgerät muß möglichst dicht am Kopf vorbeigeführt werden. Die zentrifugalen Kräfte, die den Arm nach außen ziehen, wachsen mit dem Quadrat der Entfernung von der Mittellinie des Körpers. Hierdurch entstehen derartige Drehmomente im Oberarm, daß allein durch eine falsche Wurftechnik eine Spiralfraktur des humerus entstehen kann."

Zusammenfassend läßt sich also sagen, daß die Humerusfraktur, die sich im Moment des Abwurfes eines Gegenstandes ereignete, zumeist im unteren Drittel des Schaftes lokalisiert ist und daß für das Zustandekommen dieser Verletzung von den Autoren folgende Ursachen angeschuldigt werden:

Double (11), Warstat (9), Burkhard (12) und Kaiser (14) sind der Meinung, daß die Fraktur in einer Auseinandersetzung zwischen der beschleunigten Masse und der die Bewegung hemmenden Muskulatur zustandekommt. Diese Auseinandersetzung spielt sich allerdings bei jedem Wurf ab, so daß für das letztliche Zustandekommen der Verletzung weitere Ursachen hinzugenommen werden müssen. Warstat (9) und v. Krainz (17) sprechen diesbezüglich von einem Mißverhältnis zwischen Muskulatur und Knochenbau, hervorgerufen durch intensives Training, während Wachsmuth und Wölk (13) sowie auch Matti (19) über ein disponierendes konstitutionelles Moment hinaus einen Fehler im Ablauf des muskulären Zusammenspiels beobachteten und von einer inkoordinierten Bewegung bzw. einer zu spät einsetzenden

Antagonistenhemmung sprechen. H e i ß (20) bezeichnet überhaupt die beschleunigten Kräfte als wesentlicher und stellt den Zug der hemmenden Muskulatur in den Hintergrund, während H ü l s e (18) den Faktor der beschleunigten Masse wohl mit einbezieht, jedoch die Hauptschuld an dieser Verletzung wiederum in einem Muskelenervierungsfehler sieht, nämlich in einem zu späten Auslassen der Wurfhand und einer daraus erfolgenden Überstreckung. Die Art der Fraktur bezeichnen die meisten Autoren als Biegungsfraktur, während M a t t i (19) genau differenziert und die Frakturen im oberen Drittel als Biegungsfrakturen, die im unteren Drittel als Torsionsbiegungsbruch darstellt.

Bis jetzt wurde ausschließlich die Ätiologie der Verletzungen besprochen, die sich im Moment des Abwerfens eines Gegenstandes ereignen. Derartige Frakturen kamen jedoch auch beim schwungvollen Ausholen vor dem Abwurf zustande.
Neben dem hier angeführten Fall Nr. 1 von S e i d e l (8), sei die Veröffentlichung von K ü t t n e r (21) erwähnt, der vier derartige Fälle veröffentlichte. Zur Entstehung dieser Art von Fraktur schreibt er:

"Der Mechanismus der Fraktur ist leicht zu verstehen. Die Bruchform ergibt als Ursache eine Torsion." "Die Fraktur entsteht in dem Moment, in welchem vom Ausholen zum Abwurf übergegangen wird. Am Schluß des Ausholens bewirkt der etwas rechtwinkelig im Ellenbogengelenk abgebogene und um die Stielhandgranate verlängerte Vorderarm unter großer Hebelwirkung eine extreme Rotation des Oberarmes nach außen, während die kräftige, vom Thorax zum Oberarm ziehende, aufs äußerste ge-

spannte Muskulatur das obere Humerusdrittel festhält. So kommt durch Abdrehung die Fraktur am Ende der Aussenrotationsphase des Ausholens oder beim plötzlichen Übergang von der Außenrotation in die Innenrotation des Abwurfes zustande. Die Verlängerung des Hebelarmes durch das gestielte Wurfgeschoß ist offenbar von ausschlaggebender Bedeutung."

Es fragt sich, ob beim Übergang von der Außenrotation in die Innenrotation - wie schon oben diskutiert - die beschleunigte Masse des Unterarmes einschließlich des Wurfgeschosses vorrangig zu betrachten ist oder ob man wiederum eine ungenügende Koordinierung der Enervation, sei es infolge von Ermüdung oder infolge eines übersteigerten Willens zu einer Höchstleistung, annehmen soll. In dem Moment nämlich, in dem die Antagonisten im Augenblick des besonders kräftigen Ausholens zum Wurf zu spät enerviert werden, andererseits der kräftige muskulus pectoralis major und das vordere Drittel des deltoideus sich bereits in einem überaus starken Kontraktionszustand befinden, untersteht die nach rückwärts beschleunigte Masse nicht mehr ihrer normalen muskulären Kontrolle und damit einer ungehemmten Rückwärtsbewegung, während der proximale Teil des Oberarmes bereits maximal nach vorne gerissen wird. Daraus resultiert möglicherweise ein derart extremes Rotationsmoment in der Gegend des Deltoideusansatzes, dem die Festigkeit des Oberarmknochens nicht mehr gewachsen zu sein scheint. M a y d l (22), der selbst zwei derartige Fälle bei muskulösen jungen Männern, erstens beim Turnen und zweitens beim Schneeballwerfen beobachtete, sieht die Ursache in einer rein muskulären Auseinandersetzung:

"Die Schleuderer des Armes (pectoralis major deltoideus und coracobrachialis) überwinden durch Größe und Plötzlichkeit der von ihnen entwickelten Kraft die Feststeller des Humeruskopfes an die ihn stützende Pfanne (supra und infra spinatus, teres minor). Infolge der innigen Verfilzung der muskulären Insertionsfasern erfolgt ein Abriß des Knochens."

Frakturen des Oberarmes, durch Muskelzug hervorgerufen, wurden nicht nur bei Wurfübungen beobachtet. Bei einem beliebten Kraftspiel, das die Franzosen (Malgaigne) tour de main bzw. tour de poignet nennen, nehmen zwei Gegner an einem Tisch gegenüber Platz, stützen den gleichnamigen, rechtwinkelig gebeugten Ellenbogen auf die Tischplatte auf und legen die Hände fest ineinander. Dann wird versucht, den Arm des Gegners vom Tisch herunterzudrücken. E. D e h n e (23) schreibt:

"Ich selbst hatte Gelegenheit, einen kräftigen jungen Veterinärmediziner zu behandeln, der sich bei einer Kraftprobe einen Spiralbruch in der Mitte des Oberarmes ohne zusätzliches Trauma zuzog. Es handelte sich um die allgemein bekannte Kraftprobe, bei der sich die Kämpfer gegenübersitzen, die Ellenbogen der rechten Arme nebeneinander auf den Tisch stützen und sich mit senkrecht aufgestellten Unterarmen bei der Hand fassen und dann versuchen, den Arm des Gegners nach außen auf den Tisch niederzudrücken."

M i l b r a d t (24) erwähnt einen ähnlichen Fall.

"Ich hatte vor einiger Zeit Gelegenheit, einen Oberarmbruch durch Muskelzug zu beobachten, der

auf ganz eigenartige Weise zustandegekommen war. Da ich diesen Entstehungsmodus bisher nirgends erwähnt gefunden habe, so dürfte der Fall von Interesse sein und ich lasse die Krankengeschichte kurz folgen:
Der 24 Jahre alte, kräftig gebaute und vollkommen gesunde Förster O., hatte sich bei einem Wettkampfe eine Verletzung seines rechten Oberarmes zugezogen. Die Kraftprobe wurde in der Weise angestellt, daß die beiden Kämpfer an der Querseite eines Tisches Platz nahmen, die rechten Ellenbogen fest und dicht aneinander auf den Tisch setzten und die Hände dann in der Weise verschränkten, daß die Daumen sich verhakten. Nach der so eingenommenen Kampfstellung versuchte der Förster im ersten Gange den Arm seines Gegners herabzudrücken, jedoch vergeblich. Im zweiten Gange sollte nun der Arm des Försters herabgedrückt werden. Der Förster spannte seine Muskelkräfte aufs äußerste an, um seinem Gegner das Gleichgewicht zu halten. Plötzlich knackte es und unwillkürlich ließen die Gegner vom weiteren Ringen ab. Der Förster war sofort außerstande, seinen Arm zu gebrauchen. Ich wurde sofort hinzugezogen und konstatierte eine Fraktur des rechten Oberarmes handbreit über dem Ellenbogengelenk.
Erwähnen will ich noch, daß eine abnorme Brüchigkeit der Knochen in diesem Falle vollkommen ausgeschlossen ist, da der Förster kurz vor seiner Verletzung seine Militärdienstzeit beendet hatte und auch jetzt nach der Heilung der Fraktur seinen Dienst als Förster versieht."

Über den Bewegungsablauf und über die Frakturentstehung schreibt M i l b r a d t (24) weiter:

"Bei Betrachtung bzw. Nachprüfung der geschilderten Kraftprobe ist es sofort ersichtlich, daß das

wesentliche in dem krampfhaften Festhalten einer eingenommenen Flexionsstellung des Vorderarmes besteht. Ist der Vorderarm nur erst um ein geringes von der eingenommenen Linie abgedrängt, dann ist es ein leichtes, ihn vollständig herabzudrücken. Von den beiden Beugemuskeln bizeps und brachialis, durch deren Tätigkeit die Arbeit geleistet wird, kann der muskulus bizeps infolge seines Ursprunges und seiner Insertion beim Entstehen der Fraktur nicht mitgewirkt haben. Nur durch die heftige Kontraktion des brachialis ist die Fraktur des Oberarmes zustandegekommen. Durch seine, auf das äußerste gespannte Kraftentfaltung ist der Knochen bis zur Grenze seiner Elastizität gebogen und schließlich gebrochen worden."

In diesen Fällen bildet also die gegnerische Muskelkraft die eine Komponente, die andere bildet die eigene Beugemuskulatur, angetrieben durch den energischen Willen, bei diesem Kräftevergleich um keinen Preis nachzugeben, um nicht zu verlieren.

Außer diesen beiden, oben dargestellten Bewegungsarten, die typischerweise zu einer Humerusfraktur führen, wurde diese Verletzung auch im Zusammenhang mit ganz anderen Bewegungsmustern beobachtet. S c h l ä p f e r (10) bemerkt zu seinen Fällen:

"Als Biegungsbruch im umgekehrten Sinne, d. h., wo der muskulär, von fremder Hand fixierte Abschnitt, durch den Vorderarm und das distale Humerusende dargestellt werden, müssen wir folgende Fälle ansehen: Der Vater will sein sechs Monate altes Kind am Ärmchen aufziehen: dabei hört er ein Knacken." Es erfolgte ein Bruch im unteren Drittel des rechten Oberarmes.

"Im zweiten Fall: ein 17 Jahre junger Mann wollte seinen Kameraden mit umschlungenen Armen auf den Rücken heben. Die Schulter- und Vorderarmmuskulatur war zum Halten des Kameraden fixiert, welcher im Momente des Hängens mit seinem Körpergewicht eine plötzliche Kraftkomponente in entgegengesetzter Richtung brachte."

"In diese Kategorie gehören Frakturen, beim Versuche, zwei Streitende auseinanderzubringen oder einen fallenden schweren Gegenstand, z. B. eine umstürzende Wand oder eine aufschlagende Türe, festzuhalten.

Auch eine Art von Arbeitsverletzung gehört hierzu: 22-jähriger Schlosser ... Aus Unachtsamkeit gerät ein Kleidungsstück des Armes in die Transmission. Er kann sich mit einem gewaltigen Ruck selbst wieder freimachen."
Die Bruchstelle lag oberhalb der Mitte des humerus.

Um noch einmal deutlich darzustellen, zu welchen überstarken Leistungen unsere Muskulatur in Ausnahmefällen fähig ist - die Tatsache erscheint ja auf den ersten Anblick verwunderlich, daß ein so kräftiger Knochen wie der humerus allein durch die Kraft der Muskulatur bis zum Zerbrechen belastet werden kann - sei hier ein Fall erwähnt, den M a r e n h o l t z (25) beobachtete:

Es handelt sich um einen Elektrounfall bei einer Spannung von 230 V und einer Stromstärke von 5 - 6 A, wobei der Strom durch beide Hände floß.

"Die Entstehung der späterhin erst festgestellten Oberarmbrüche ist weder auf einen Sturz noch auf sonstige Gewalteinwirkung zurückzuführen, sondern auf die Einwirkung des unvermutet den Patienten an beiden Händen treffenden elektrischen Stromes und die dadurch hervorgerufene fehlgesteuerte reflektorische Muskelkontraktion des trizeps brachii."

Der Patient erlitt eine großsplittrige Fraktur im Bereich des rechten Schultergelenkes; auf der linken Seite ebenfalls eine Fraktur, und zwar eine Aufsplitterung unterhalb des collum chirurgicum.

An der Chirurgischen Universitätsklinik München wurde ein Fall beobachtet, der in gewissem Sinne ebenfalls unter die sogenannten Muskelzugfrakturen zu rechnen ist.
Es handelt sich um einen 16-jährigen jungen Mann, der sich beim Versuch, einen schweren Gegenstand, der ihm von der Schulter glitt, noch halten zu wollen, den rechten Oberarm brach. Seine eigene Anzeige zu dem Unfall lautet folgendermaßen: "Ich wollte vom Magazin einen zentnerschweren Mehlsack in die Küche holen. Ich hatte den Sack bereits in Hüfthöhe und wollte ihn auf die Schulter schwingen. Dabei ging der Sack etwas zu weit nach hinten und verdrehte den rechten Arm so, daß der Oberarm brach."

Röntgenologisch wurde eine Spiralfraktur des Oberarmes im distalen Drittel mit geringer Achsenabknickung nach volar und seitlicher Verschiebung um Schaftbreite festgestellt. Prof. P ö s c h l , dem der Fall zur Begutachtung vorgelegt wurde, konnte keine Merkmale einer Vorschädigung an diesem Knochen feststellen. Der humerus wies einen

normalen Mineralsalzgehalt auf sowie unauffällige Konturen und Strukturen.

Die Muskelzugfrakturen des humerus zeigen in ihrer Entstehungsart gewissermaßen eine Übersicht über die Problematik dieses Themas. Deshalb wurden sie an den Anfang gestellt, sozusagen als Modell und zum leichteren Verständnis für alle weiteren Fälle. Frakturentstehung und Erklärung wurde deshalb ausführlicher besprochen, als es im nun folgenden der Fall sein wird.

2.) Fraktur des Tuberculum majus humeri

Daß unsere Muskulatur, die in der Lage ist, allein durch ihre Kraft einen so starken Knochen wie den humerus abzureißen, auch Knochenvorsprünge, die ihr zum Ansatz dienen, durch die Kraft eines übermäßig starken Zuges aus dem übrigen Knochengefüge herauszutrennen vermag, wird wohl zu erwarten sein, Im Bereiche des Oberarmes wurde eine solche typische Abrißfraktur vom Tuberculum majus humeri von M a r e n h o l t z (25) in Erwähnung gebracht:

"Es handelt sich um eine 56 Jahre alte Ehefrau, die im Begriffe war, von der Straßenbahn abzusteigen. Sie hielt sich dabei mit beiden Händen an der Haltestange fest. Durch den plötzlichen Ruck, hervorgerufen durch das erneute plötzliche Anfahren der Bahn, wurde sie mit dem Oberkörper nach vorne geschleudert, hielt sich dabei aber immer noch mit den Händen fest, mußte dann aber infolge außerordentlich heftiger Schmerzen in den Oberarmen loslassen und fiel mit dem Gesicht auf den Boden - die Schmerzen in den Oberarmen waren außerordentlich heftig, sie konnte die Arme kaum noch bewegen. Wegen leichterer Bewegungsstörungen und Schwellungen in der Gegend der Oberarmköpfe bestand der Verdacht auf Auskugelung in beiden Schultergelenken. Die am Tage nach dem Unfall aufgenommene Röntgenaufnahme konnte eine derartige Verletzungsfolge ausschließen. Eine sichere Fraktur des Oberarmes konnte nicht festgestellt werden. Es fand sich nur eine Absprengung des Tuberculum majus ohne wesentliche Verschiebung der Knochenstücke. Erst mehrere Tage danach zeigte sich auf neuen Röntgenbildern, und zwar beiderseits ganz gleich, ein Riß in beiden Oberarmknochen. Die Abrißfraktur des Tuberculum

majus war beiderseits ohne wesentliche Verschiebung deutlich sichtbar. In erster Linie ist in diesem Falle die Abrißfraktur durch die fehlgeleitete reflektorische Kontraktion des Trizepsmuskels beiderseits entstanden."

Ob allerdings der muskulus trizeps diesen Angaben entsprechend, maßgeblich einen Abriß des Tuberculum majus bewirkt haben kann, ist fraglich, da das Tuberculum majus keinem seiner drei Muskelbäuche als Ursprung dient. Das Tuberculum majus ist Ansatzpunkt der muskuli supra-infra spinam und teres minor. An der crista tuberculi majoris inseriert die Sehne des muskulus pectoralis major. Es dürften also in diesem Falle wahrscheinlich der muskulus supra-infra spinam sowie der muskulus teres minor und andererseits der muskulus pectoralis major als Schutzmuskeln des Schultergelenks sowie als Adduktoren des Schultergürtels reflektorisch dem Davonzerren des Armes entgegengewirkt und diese Fraktur hervorgerufen haben.
M a y d l (22) beobachtete derartige Verletzungen durch Muskelzug des supra- und infra spinatus und teres minor bei zwei muskulösen Männern, wobei der eine Unfall beim Turnen, der andere beim Werfen mit Schneebällen geschah.

3.) Fraktur eines epicondylus humeri

Erwähnung finden soll hier auch eine Abrißfraktur des epicondylus humeri, die wohl zu den selteneren Abrißfrakturen zu zählen sein dürfte.
Prof. C l a i r m o n t (26) beobachtete einen derartigen Fall bei einem neunjährigen Knaben, "der wegen einer supracondylären Fraktur des linken

Oberarmes auf der Klinik in Behandlung stand. Bei der Kontrollaufnahme des rechten Ellenbogens fand man eine Epiphysiolyse des epicondylus medialis, die klinisch nicht erkannt wurde. Dabei erinnerte sich der Patient, nie ein Trauma erlitten zu haben, klagte auch über keine Beschwerden. Bei gestrecktem Ellenbogen lagen die drei prominenten Punkte in einer Linie, die senkrecht zur Achse des Oberarmes verlief."

Dieser Fall wird zwar als Abrißfraktur geschildert, ist aber für das hier behandelte Thema nicht interessant, da es sich hier um eine ausgesprochene Epiphysiolyse und nicht eine Fraktur in dem hier besprochenen Sinne handelt.
Ein zweiter derartiger Fall wird von R e s n i (27) erwähnt, der jedoch nicht eindeutig geklärt ist. C o r d s (28) nimmt dazu Stellung:

"Sie entstand bei einem 16-jährigen Jüngling durch Muskelzug beim Abschleudern eines Handballes. Auch dieser Fall ist eine Epiphysiolyse, denn der epicondylus medialis humeri hat einen eigenen Knochenkern und ist in diesem Alter noch nicht fest mit dem Schaft verwachsen. Da R e s n i (27) lediglich eine kurze Mitteilung erfolgen läßt und nicht genau die Bewegung beschreibt, bei der der Abriß erfolgte, muß angenommen werden, daß durch den Zug der am epicondylus medialis entspringenden Muskeln, also muskulus pronator teres, muskulus flexor carpi radialis ulnaris, muskulus palmaris longus, muskulus flexor digitorum sublimis und muskulus epitroleoanconaeus der Abriß geschah. Es hat also entweder eine inkoordinierte Bewegung der Hand und der Finger stattgefunden, die die Epiphyse herausriß oder es bestand eine Verknöcherungsstörung oder

ein anderer Knochendefekt, also ein besonderer Locus minoris resistentiae, der die Frakturen durch überstarken Muskelzug begünstigte. Einen gleichen Abriß berichtet H e i ß (29) . Dieser entstand beim Speerwurf."

G r a n h a n (30) hat jedoch einen Fall beobachtet, als deren alleinige Ursache er den Muskelzug anschuldigt. Es handelt sich hierbei um einen 18-jährigen jungen Mann, der beim Werfen eines Tennisballes einen plötzlichen Ruck im Ellenbogengelenk verspürte. Das Gelenk war nicht besonders schmerzhaft und blieb auch beweglich. Nur die starke Valgusstellung führte ihn zum Arzt. Dieser stellte lt. Röntgenbefund einen Abriß des epicondylus fest.

4.) Fraktur des akromions

Ein Fall von D u b s (31) zeigt, daß in der Gegend des Schultergürtels auch das akromion eine Abrißfraktur durch Muskelzug erleiden kann. D u b s (31) berichtete 1916 einen Fall, bei dem ein Knecht beim Herumreißen und Heben des Pfluges durch kräftige Anspannung des muskulus deltoideus unter gleichzeitiger antagonistischer Wirkung des muskulus trapezius (Herumwerfen des Kopfes nach entgegengesetzter Seite) eine Rißfraktur des linken akromions erlitt.

Einen zweiten, von M i x t o n (31) angegebenen Fall, erwähnt D u b s (31) , der beim plötzlichen Hochreißen des Armes entstanden war.
C o r d s (28) nimmt zu diesen beiden Fällen folgendermaßen Stellung:

"Die Entstehungsart dieser Rißfraktur ist schwer vorstellbar und die Erklärung D u b s befriedigt nicht recht. Der Deltamuskel wurde sicherlich stark enerviert, aber antagonistische Wirkung des muskulus trapezius beim Kopfdrehen nach rechts kann ich nicht recht einsehen. Es ist vielleicht eher möglich, daß inkoordinierte Kontraktionen des muskulus deltoideus oder noch wahrscheinlicher, ein Verknöcherungsdefekt vorlag. Eine andere Erklärung ist nicht zu finden. Genauere Angaben und Röntgenbilder fehlen leider."

Verknöcherungsdefekte wurden jedoch in den Originalveröffentlichungen von M i x t o n und D u b s (31) nicht angeführt.
C o r d s (28) bringt zu diesem Thema noch einen eigenen Fall in Erwähnung:

"Ein sehr muskelstarker bekannter Bobfahrer (45 Jahre) steuerte mit Seilsteuerung seinen Viererbob in scharfer Bahn. Bei hoher Geschwindigkeit suchte er den in der Kurve zu hoch steigenden Bob mit dem rechten Arm zurückzureißen. Er spürte dabei sofort einen starken Schmerz in der rechten Schulter und konnte den rechten Arm nicht mehr gebrauchen. Bei der darauffolgenden Abwehrbewegung geschah dasselbe am linken Arm. Klinischer Befund und Röntgenbild ergaben beiderseitige Infraktion des akromions, rechts eine fast vollständige. In den ersten Tagen nach dem Unfall konnten die Arme fast überhaupt nicht gehoben werden."
"Die Tatsache, daß an beiden Seiten die Infraktion eintrat, spricht dafür, daß auch hier ein Mißverhältnis zwischen der Kraft der stark entwickelten Muskulatur und der (an sich normalen) Knochenfestigkeit vorlag. Irgendein Knochendefekt war bei dem

seit langem Sport treibenden Patienten mit großer Wahrscheinlichkeit auszuschließen."

5.) Fraktur der clavicula

Da die clavicula dem oft sehr kräftigen muskulus pectoralis major, dem muskulus deltoideus und dem muskulus sternocleido mastoideus Ursprung bzw. Ansatzstelle bietet und zudem noch von dem muskulus subclavius verspannt wird, erscheint es nicht verwunderlich, daß sich auch hier derartige Verletzungen ereignen. Meistens entstehen sie im Anschluß an kräftige ruckweise Bewegungen des gleichseitigen Armes durch die Aktion der genannten Muskeln in verschiedener Gegenwirkung. Es kann dabei zu einer sogenannten Biegungsfraktur kommen, wenn die clavicula durch Zug und Gegenzug dieser Muskeln über die erste Rippe abgebogen wird, die dabei als Hypomochlion dient.

Ein derartiger Fall kam an der Chirurgischen Universitätsklinik München zur Beobachtung:

Es handelt sich dabei um den 40-jährigen P. L., der folgende Angaben machte: "Am Mittwoch, dem 12.4. gegen 14.30 Uhr begann ich die Arbeit als Einsteller. Gegen 15.00 Uhr kam ein Arbeitskollege zu mir in die Halle 5 und bat mich, eine Kupferplatte im Ausmaß von 30 x 30 cm durchzuschneiden. Ich begab mich mit meinem Kollegen an die Blechschneidemaschine, die in Halle 5 stand. Aus der Kupferplatte sollte ein Kreis formuliert werden. Während ich die Kupferplatte durch mehrmaliges Drücken beschnitten habe, mußte mein Kollege die Kupferplatte halten. Beim letzten Schneide-

vorgang fing sich die Kupferplatte zwischen den Schneidemessern und verkantete. Ich versuchte nochmals mit dem Hebel nachzuziehen. Dabei bekam ich einen schmerzhaften Stich in der linken Schultergegend; der Schmerz war so stark, daß ich zum Werksanitäter ging."
Prof. P ö s c h l nimmt dazu folgendermaßen Stellung: "Am 17.4. zeigte die Röntgenaufnahme einen leicht schräg verlaufenden Bruch des Schlüsselbeins ca. 5 cm lateral vom medialen Schlüsselbeinende. Die Bruchränder sind ziemlich scharf gezeichnet. Reaktive Veränderungen, etwa im Sinne eines posttraumatischen Randabbaues oder einer Callusbildung sind nicht vorhanden. Der Bruch sieht also frisch aus. Pathologische Veränderungen, die die Widerstandsfähigkeit des Knochens herabsetzen würden, sind am Schlüsselbein nicht vorhanden."
Ätiologisch läßt sich hier wiederum die Möglichkeit eines Innervierungsfehlers bei dieser forcierten Bewegung ins Auge fassen oder es handelt sich um den schon erwähnten, sogenannten Biegungsbruch, hervorgerufen durch eine Inkoordinierung der Muskelaktion.

6.) Olekranonfrakturen

Betrachtet man nun die Verletzungen, die sich des weiteren an der oberen Extremität ereignen, so findet man in der Literatur einige Fälle erwähnt, bei denen der kräftige muskulus trizeps den processus angularis des olekranon abgerissen hat. K n o l l (32) schreibt über seine beiden ersten Fälle:

"Im ersten Fall riß einem 42-jährigen Diplom-Ingenieur der genannte processus am olekranon (der übrigens nur in 4 % der Fälle vorhanden ist) beim Rückhandschlag beim Tennis auf der rechten Seite ab. Eine zu heftige und ruckartige Kontraktion des muskulus trizeps hat den Abriß herbeigeführt."

"Der andere beobachtete Abriß geschah einem 56-jährigen Allroundsportsmann beim Reiten. Das Pferd sollte springen und brach dabei nach rechts aus. Der Reiter parierte mit aller Kraft und versuchte, das Pferd herumzureißen. Dabei fühlte er in der linken Ellenbogengegend einen heftigen Schmerz bei deutlichem Krachen. Auch vorher, bei anderen Gelegenheiten hatte er hier ein leichtes Knacken verspürt. Der Abriß ist so zu erklären: Beuger und Strecker waren am linken Arm innerviert. Die ganze Muskulatur war aufs höchste angespannt. Der muskulus trizeps war isometrisch kontrahiert, ebenso der muskulus bizeps. Aber dieser verkürzte sich auch, beim Versuch zu parieren. Der Abriß des processus angularis olekrani erfolgte nun entweder so, daß bei maximal isometrisch innervierten muskulus trizeps dennoch eine Beugung des Unterarms im Sinne des Parierens geschah und so der processus vom muskulus trizeps gewissermaßen abgerissen wurde. Der Arm hatte also einerseits die Aufgabe, auf alle Fälle in seiner fixierten Stellung zu verharren, andererseits sollte er parieren; so kam eine Inkoordination zustande. Oder der Abriß erfolgte auf die Weise, daß durch die Kraft des durchgehenden Pferdes der durch maximale isometrische Kontraktion der Muskulatur in seiner Stellung fixierte Arm nach vorn gerissen und so gestreckt wurde. Dabei wurde ein starker Zug auf die Unterarmmuskulatur ausgeübt, der sich auf das olekranon (durch fascia antebrachii) übertrug und den Abriß herbeiführte. Die erste Entstehungsmög-

lichkeit erscheint verständlicher und entspricht auch dem subjektiven Empfinden des Verletzten. Anamnestisch ist interessant, daß zwei Jahre vorher derselbe processus der anderen Seite durch direkte äußere Gewalt zum Abriß kam und daß mit Sicherheit beide processi erst nach dem 35. Lebensjahr entstanden sind."

Des weiteren berichtet K n o l l (32) von einem außergewöhnlichen Fall, bei dem es zu einem doppelseitigen Abriß des olekranon kam:

"Ein 16-jähriger Amateurboxer mit sehr gut entwickelter Muskulatur schlug einen rechten Kinnhaken mit großem Schwung glatt an seinem Gegner vorbei. Sein rechter Arm sauste hemmungslos in die Höhe und im selben Moment als der Arm gestrec kt war, fühlte er einen starken Schmerz am rechten Ellenbogen. Die Untersuchung zeigte ein geschwollenes rechtes Ellenbogengelenk. Aktives Strecken war fast gar nicht möglich. Beugen nur unter Schmerzen. Es war in der Olekranongegend ein abgegrenztes Knochenstück tastbar."
Röntgenuntersuchung: "Der ganze processus ist schnabelförmig abgesprengt und nach oben abgehebelt. 1930, also drei Jahre später geschah genau dasselbe links. Die Dislokation war hier nicht ganz so groß, das abgerissene Knochenstück von derselben Gestalt wie das beim Unfall 1927. Die Ursache war beide Male folgende: Die Kinnhaken wurden mit großer Kraft auf das Kinn des Gegners gezielt, d. h., aus der Beugestellung schnellte der Arm nach oben vor und sollte in nicht ganz vollendeter Streckung sein Ziel treffen. Als der Arm nun sein Ziel verfehlte, wirkte sich die aufgewandte Kraft, die ja den Gegner niederschlagen sollte, am Arme selber aus, indem der Strecker

des Unterarmes, der muskulus trizeps, an seinem Ansatz, eben am processus olekrani mit sehr großer Heftigkeit riß und ihn abriß. Die Hemmung, die normalerweise durch das erreichte Ziel dem nach oben schnellenden Arm gesetzt worden wäre, fiel also hier fort und so riß der muskulus trizeps seinen Ansatzpunkt heraus."

B i t t e n t r u i t (33) erwähnt eine Fraktur des olekranon beim Durchschlagen einer Parade, also beim Fechten. Sie kam durch die Überdehnung des durch die Trizepskontraktion gespannten Knochenstücks und durch brüske Vermehrung der Beugung beim Durchschlagen der Parade zustande.

Beim Schleudern einer Kugel beobachtete M a y d l (22) eine derartige Fraktur. Die Verletzung entstand durch Überstreckung und Anstemmung des olekranons in die fossa supratrochlearis posterior. "Die Kugel, welche durch eine Bewegung, die eine Verlängerung jener darstellt, die man beim Kegelscheiben macht, zu einer gewissen Höhe gehoben werden mußte, kann zu schwer gewesen sein. Die aufgewendete Muskelaktion kann ja dieser Hebung genügt, aber nicht ausgereicht haben, um der Kugel eine weitere Flugkraft zu verleihen. Die Last verläßt dann die mit der Vola nach oben gewendete Hand wenig oder gar nicht. Ihre Lastwirkung sammelt sich mit der Hemmbewegung des trizeps vom Wurfe her, das Ellenbogengelenk wird überstreckt, das olekranon in die hintere Trochleargrube eingedrückt und dadurch gebrochen. Die Flexoren können dieses Ereignis nicht verhüten, da sie in höchst ungünstiger Stellung, d. h., in voller Streckung angreifen müßten."

M a y d l (22) sieht also die Ursache der Abrißfraktur seines Falles darin, daß eine inkoordinierte

Bewegung im Zusammenhang mit der dadurch fehlgeleiteten äußeren Gewalteinwirkung (Gewicht der Kugel) zur Überstreckung und damit zu einer Art Biegungsbruch geführt hat. Eine andere Auffassung vertritt M a l g a i g n e (34) . Er sagt:

"Zur Hervorbringung dieser Brüche ist ein gewisser Grad von Beugung des Vorderarmes nötig und eine äußere Gewalt, die ihn noch mehr zu beugen trachtet und welcher der trizeps widersteht."
M a l g a i g n e betrachtet also dieses Ereignis als echte Abrißfraktur, zustandegekommen durch die äußere Gewalteinwirkung und die Kraft des muskulus trizeps, der sich dieser widersetzt und dabei das olekranon als seine Ansatzstelle überbelastet.

7.) Fraktur der ulna

Daß auch die ulnadiaphyse unter der Einwirkung der Muskelkraft brechen kann, zeigt eine Veröffentlichung von v. S a a r (35) , der eine besondere Art von Ulnarfraktur durch brüskes Heben in Pronationsstellung der Hand beim plötzlichen Übergang in Supinationsstellung erwähnte. Der Patient war ein Soldat, der einen 20 kg schweren Stalleimer mit der rechten Hand vom Boden auf die Krippe mit ziemlichen Schwung hob und dabei ein Knacken und einen heftigen Schmerz verspürte. Das Röntgenbild zeigte eine Fraktur der ulna in der Mitte unter Erhaltung des Periosts.

B r o s s a r d (36) schildert ebenfalls einen Fall, als nämlich eine Mutter ihr Kind in den Kinderwagen hob und sich dabei eine Fraktur der ulna

zuzog. An derselben Stelle verletzten sich nach Hamilton und Labat (37) Wäscher während des Auswringens der gewaschenen und noch nassen Wäsche.

Von Saar (35) ist der Meinung, daß diese Fraktur folgendermaßen zustandekommt:

"In Pronationsstellung greift die hebende Kraft am proximalen Ende des Vorderarmes an, während die beschwerende Last am distalen Ende desselben entgegenwirkt. Da der Radius die ulna in dieser Stelle in halber Höhe kreuzte, entsteht ein Biegungsbruch an dieser Stelle."

8.) Abriß des processus coronoides ulnae

Der Nachweis reiner Abrißbrüche des processus coronoides ulnae wurde nach Hamilton und Labat (37) ebenfalls in einigen Fällen erbracht. Beschrieben sei hier ein Unfall, aufgenommen an der Chirurgischen Universitätsklinik München.

Es handelt sich um den Patienten Walter T., zum Zeitpunkt des Unfalles 28 Jahre alt: "Zur Unfallzeit hob der Verletzte Leergut mit leeren Bierflaschen auf das Förderband der Flaschenfüllerei. Diese Arbeit gehörte zu den gewöhnlichen Obliegenheiten des Verletzten. Werkzeuge usw. wurden dabei nicht bedient. Bei dieser Hebetätigkeit zog sich der Verletzte eine Zerrung am linken Unterarm zu."

"Die Beurteilung des Röntgenbildes ergab einen Zustand nach Abriß der Spitze des processus coronoides ulnae am rechten Ellenbogengelenk. Rein

röntgenologisch gesehen erscheint es möglich, daß der Unfall vom 26.10.67 die Ursache dieses Abrisses ist." Soweit die Stellungnahme von Prof. Pöschl.

9.) Zwei Fälle von Naviculare frakturen

Da bei der Durchsicht der Literatur Muskelzugfrakturen des os naviculare nicht gefunden werden konnten, seien hier zwei Fälle genauer beschrieben, die in jüngster Zeit an der Universitätsklinik München beobachtet wurden:

Der 22-jährige Robert S. machte über seinen Unfall folgende Aussage: "Ab 7.00 Uhr war ich mit Mörteltragen vom 4. zum 5. Stockwerk (Speicher) beschäftigt. Bis zum Auftreten der Beschwerden trug ich dem Maurer ca. 15 Kübel Mörtel zu. Das Gewicht so eines Kübels dürfte 20 kg - 25 kg betragen haben. Ich trug dem Maurer mit beiden Händen die Kübel zu, also jeweils zwei Stück. Beim Aufheben eines Kübels verspürte ich plötzlich in der rechten Hand einen stechenden Schmerz bis zur Schulter und hatte auch kein Gefühl mehr in der rechten Hand, so daß ich den Kübel aus der Hand fallen lassen mußte. Vorher hatte ich im rechten Handgelenk keine Schmerzen."

Prof. P ö s c h l beurteilt das Röntgenbild folgendermaßen: "In dorsovolarer Richtung zeigt sich etwas ulnar von der Kahnbeinmitte eine S-förmig verlaufende Aufhellungslinie, die die Bälkchen und die corticalis durchtrennt. Am radialen Rand ist auch eine kleine Stufe mit Kantenüberhang vorhan-

den. Es handelt sich um das einwandfreie Bild einer frischen Fraktur. Anzeichen einer früheren Verletzung oder einer anderen Vorschädigung sind nicht gegeben. Auch besteht keine arthrosis deformans und keine osteoporose."

Beim zweiten Patienten handelte es sich um eine Refraktur einer völlig ausgeheilten alten Navicularfraktur:
Das Ereignis vom 25.3.55 bestand darin, daß Ernst H., 24 Jahre alt, beim Heben eines schweren gefüllten Topfes sofort wieder Schmerzen im linken Handgelenk verspürte. Als Prof. P ö s c h l die Röntgenbilder begutachtete, schrieb er folgendes: "Es besteht kein Zweifel, daß es sich um eine Fissur in der Kahnbeinmitte handelt. Da die Durchtrennungslinie sehr scharf

gezeichnet ist und noch keinerlei reaktive Veränderungen bemerkbar sind, ist diese Fissur zweifelsohne auf das Unfallereignis vom Vortage ursächlich zu beziehen."

10.) Abrißfraktur an der Basis des Zeigefingermittelgliedes

Ebenfalls an der Chirurgischen Universitätsklinik München wurde ein Patient behandelt, der sich eine Abrißfraktur an der Basis des Zeigefingermittelgliedes zugezogen hatte. Da dies eine seltene Muskelzugverletzung zu sein scheint - eine derartige Veröffentlichung wurde jedenfalls in der Literatur nicht gefunden - möge dieser Fall hier ausführlicher beschrieben sein:

Beim Ausrichten von Vorhangringen auf einer Richtplatte in einer Kunstschlosserei verspürte der Patient nach langem Hämmern, als er bei einem Schlag mit dem Hammer auf einen sogenannten Blatthammer abprallte, einen plötzlichen Schmerz im linken Zeigefinger. Der Finger schwoll sogleich an. Röntgenologisch: Abrißfraktur am volaren Rand der Basis des Zeigefingermittelgliedes links.

Beurteilung von Prof. P ö s c h l : "Die Röntgenaufnahmendes linken Zeigefingers des Herrn H. M. zeigen einen Zustand nach kleinem Knochenabriß an der Volarseite der Basis des Fingermittelgliedes (Sehnen- bzw. Kapselansatzstelle). Da die Erstaufnahmen die Merkmale eines frischen Knochenabrisses erkennen lassen, besteht für mich kein Zweifel eines ursächlichen Zusammenhangs mit dem einen Tag vorher stattgefundenen ursächlichen Ereignis. Beim Hämmern

werden an sich die Fingergelenke deutlich beansprucht und es erscheint mir durchaus wahrscheinlich, daß es bei einer fehlgeleiteten Hämmerbewegung evtl. auch durch eine leichte Prellung über den Hammerstiel zu einer derartigen Verletzung kommen kann, wie sie am linken Finger des Herrn M. festgestellt wurde."

B) Rippenfrakturen

Nicht nur durch direkte oder indirekte Gewalteinwirkung können die Rippen fraktuieren, sondern auch plötzliche heftige Muskelkontraktionen können derartiges bewirken. Es waren in der Literatur folgende Fälle zu finden:

Nr.	Autor	Alter	Lokalisation	Seite	Ursache
1	Christy	-	-	1	Hustenanfall
2	Montegyia	50	-	1	Hustenanfall
3	Brussais	-	4. Rippe, Vereinigung vom vorderen und zweiten Drittel	1	-
4	Graves	47	9. und 10. Rippe in der Rippenknorpellinie	1	Hustenanfall
5	Nankivell	63	5. und 6. Rippe, etwas vor der Vereinigung des mittleren und vorderen Drittels	1	Hustenanfall

Nr.	Autor	Alter	Lokalisation	Seite	Ursache
6	Nankivell	59	10. Rippe, etwas vor dem angulus	1	Hustenanfall
7	Bérard	54	10. Rippe mitte, zwischen Dornfortsatz und linear alba	1	Hustenanfall
7a	Bérard	54	9. Rippe	1	Hustenanfall
7b	Bérard	54	11. Rippe	1	Hustenanfall
8	Hilton	-	-	-	Aufsteigen auf ein feuriges Pferd
9	Denonvilliers	55	9. Rippe in der Höhe des äußeren Randes des musculus latissimus dorsi	1	Plötzliches Umdrehen im Bett
10	Hérard	22	11. Rippe, 3 cm vor dem angulus	1	Hustenanfall
11	Chassaignac	52	Wo sich die letzten Sternalrippen und Knorpel befinden	1	Schaufeln von Erde auf einen Karren
12	Benoit	-	-	1	Hustenanfall
13	Pittard	40	11. Rippe mitte	r	Hustenanfall
14	Groninger	45	7. und 8. Rippe in der linear axillaris	r	Glitt aus, vermied aber den Fall durch bedeutende Kraftanstrengung

Nr.	Autor	Alter	Lokalisation	Seite	Ursache
15	Costella	39	9. Rippe mitte	l	Niesen
16	Chausier	48	8. Rippe in der Rippenknorpellinie	r	Hustenanfall
17	Monteggia	70	2. und 3. Rippenknorpel	l	Hustenanfall
18	Desnos	30	9. Rippe dicht am angulus	r	Hustenanfall
19	Desnos	-	8. Rippe zwischen hinterem und mittleren Drittel	-	Hustenanfall
20	Ladroite	56	5. Rippe vorderer Rand	r	Bücken mit einer schweren Last, welche aus den Händen zu gleiten drohte
21	Gilette	56	11. Rippe	l	Hustenanfall
22	Chonery	23	-	-	tussis convulsiva ähnlicher Hustenanfall
23	Prodazki	50	10. Rippe, Übergang zum Rippenknorpel	-	Niesen
24	Prodazki	30	10. Rippe	r	Beim Essen gelangte Flüssigkeit in den Kehlkopf - Hustenanfall
25	Chonery	alt	-	-	-

Nr.	Autor	Alter	Lokalisation	Seite	Ursache
26	Ladroite	53	Vier Querfinger hinter der Verbindung mit dem Rippenknorpel	l	Hustenanfall
27	Erichsen	-	-	-	Heftige Muskelkontraktion bei der Geburt
28	Stetter	-	sub clavicula	l	Aufheben eines Zweizentnersakkes
29	Nancrede	44	2. Rippe, 2 1/2 Zoll vom sternum	r	Biegen einer Sense
30	Riedinger	Jung	5. Rippe am Knorpelende	l	Starkes Rückwärtsschleudern der Arme bei gleichzeitigem Rückwärtsbeugen und Aufstützen auf den Boden
31	Köhler	-	6. bis 8. Rippe, Nähe des Knorpelansatzes	l	Bücken mit schwerer Last, die abzugleiten drohte
32	Bähr	26	12. Rippe im vorderen Drittel	l	Beim Auf- und Abwärtsbewegen eines in einer Führung laufenden, 60 Pfd. schweren Kastens
33	Bähr	36	8. Rippenknorpel	r	Beim Aufheben einer schweren Gummirolle vom Boden
34	Dubs	25	8. Rippe in Mamillarlinie	r	Plötzliches Umdrehen des Körpers beim Reiten

Nr.	Autor	Alter	Lokalisation	Seite	Ursache
35	Dubs	-	Untere Rippen in Mamillarlinie	r	Kampfspielübung
36	Mandl	33	9. und 10. Rippe	r	Beim Skilaufen (plötzlich beendeter Telemarkschwung)
37	Arnold	25	3. Rippe an der Knorpelknochengrenze	r	Beim Medizinballspiel
38	Frank-Pittowa	38	11. Rippe Querbruch	r	Heftiger Hustenstoß
39	Wachsmuth und Wölk	-	12. Rippe	-	Beim Tennisspielen plötzliche forcierte Bewegung beim Versuch, einen Ball noch zu erreichen

Dieser tabellarischen Übersicht liegt eine Zusammenfassung der Veröffentlichungen von Bähr (38), Arnold (39), Frank-Pittowa (40), Wachsmuth und Wölk (13) zugrunde.

Rauhs (41), Arnold (39) und Bähr (38) waren zwar der Meinung, daß von derartigen Frakturen vorwiegend untere Rippen betroffen werden, lassen sich doch einige, im folgenden beschriebene Fälle von Muskelzugfrakturen an der 1. Rippe finden, die unter den Rippenfrakturen schon aufgrund ihrer

topographisch und funktionell anatomischen Zuordnung eine interessante Sonderstellung einnehmen dürften.

N a d l e r (42) : "Ein 19-jähriger äußerst kräftiger Matrose hebt eine ca. 5 Zentner schwere, 28 cm-Granate und verspürt einen plötzlichen Schmerz in der linken Schlüsselbeingrube. Im vorliegenden Fall handelt es sich zweifellos um einen Bruch der linken ersten Rippe, der allein durch Muskelzug der musculi scaleni entstanden ist. Der Verletzungsmechanismus war folgender: Der Mann stemmte sich mit gebeugtem linken Arm gegen einen feststehenden Griff, während er gleichzeitig mit dem ausgestreckten rechten Arm die 5 Zentner schwere Granate an der Haube anhob. Im Moment des Anhebens trat der Bruch ein."

B i t t e r s o h l (43) : "Der Patient schlug mit der linken Körperseite auf der Kante eines Förderwagens auf, nachdem ihn ein Holzpfahl von hinten an der linken Schulter getroffen hatte. Röntgenologisch wurde ein Bruch der linken clavicula und der linken ersten Rippe festgestellt, jedoch auch ein isolierter Bruch der rechten Rippe. Es traf jedoch keine Gewalteinwirkung die rechte Brustseite. Der Bruch kam durch stärkste Muskelanspannung als spontane Abwehrreaktion zustande. Also ein Entstehungsmechanismus, wie ihn P o r z e l t beschrieben hat."

F r i e d l (44) : "Ein Sanitäter transportierte als Vordermann auf einer Tragbahre einen zwei Zentner schweren Kranken über eine enge steile Holztreppe hinunter. Er hielt die Bahre mit gestrafften Armen hoch in Kopfhöhe. Beim Überführen der Bahre in die normale Traghandstellung verspürte er einen plötzlichen heftigen Schmerz in der rechten Schultergegend. Röntgenbild: Fraktur der rechten ersten Rippe.

Mechanismus: Unter Straffung der gesamten Halsmuskulatur (einschließlich der an der ersten Rippe inserierenden muskuli scaleni) wird die erste Rippe inspiratorisch gehoben. Der Erhebung der Rippe wirkt das ruckartige inspiratorische Senken des belasteten Armes bzw. der belasteten Schulter entgegen. Das Schlüsselbein stemmt sich gegen die erste Rippe."

F r i e d l (44) ist also der Meinung, daß die inkoordinierte Atembewegung des Thorax im Bereiche der oberen Brustapertur an dieser Verletzung schuld ist. Die nicht rechtzeitig beim Senken der Schulter erschlafften scaleni verbiegen die vorn vor der clavicula fixierte erste Rippe nach oben. Die Folge kann ein Bruch sein. Die Bruchlinie liegt regelmässig im mittleren Abschnitt der Rippe. F r i e d l weist noch besonders daraufhin, daß überwiegend die rechte Rippe betroffen ist; von zehn ihm bekannten Fällen achtmal, einmal links und einmal beidseitig.

H u b e r (45) spricht in diesem Zusammenhang von einem sogenannten Nußknackermechanismus und bezieht auch die äußere Gewalteinwirkung in seine Auffassung des Frakturmechanismusses mit ein. Er schreibt: "Fast jede Fraktur ist nicht nur Folge äußerer Gewalteinwirkung, sondern die resultierende, aus einer von außen wirkenden Gewalt und dem Kontraktionszustand der Muskeln, die den betreffenden Knochen in seiner Stellung festhalten. Dies ist ja der Grund dafür, daß sich bei ungeschulten Sportlern und Arbeitern, die ihre Muskeln noch nicht entsprechend in Gewalt haben und sie vor allem nicht im geeigneten Moment erschlaffen lassen können, um soviel häufiger Frakturen ereignen als bei trainierteren. Der Zug der scaleni wirkt der die Schulter niederdrückenden oder herabziehenden Gewalt genau entgegen.

Man wird also Fälle, in denen der konstante Muskelzug einer plötzlich einsetzenden äußeren Gewalt entgegenwirkt, unter die durch äußeres Trauma entstandenen einreihen, während man andere, bei denen einer konstant wirkenden äußeren Gewalt (Tragen eines schweren Gegenstandes) eine plötzliche Veränderung der Muskelkontraktion gegenübersteht, solche, bei denen das äußere Trauma unverhältnismäßig klein ist, den Frakturen durch Muskelzug zuzählen wird."

Die erste Rippe, die ja nicht zuletzt das Verbindungsglied bzw. den Bezugspunkt zwischen Thorax, der Halspartie und dem Schultergürtel darstellt, wird also einerseits im Verlaufe einer inkoordinierten Atembewegung, andererseits im Verlaufe der Auseinandersetzung zwischen äußerer Gewalt und forcierter Muskelaktion bzw. fälschlicherweise zu spät gehemmter Muskelkraft bis zum Zerbrechen überbelastet.

Die in der Tabelle aufgeführten Fälle betreffen tatsächlich in der Hauptsache die unteren Rippenpartien, wobei eine Bevorzugung der linken Seite auffällt. G u r l t (46) versuchte dieses Phänomen dadurch zu erklären, daß bei derartigen Muskeltätigkeiten die Leber irgendeine stützende Rolle spielen sollte. Eine Annahme, die A r n o l d (39) stark in Zweifel setzt, die aber B ä h r (38) unterstützt. Er gibt in seiner Zusammenstellung eine Linksbeteiligung von 78 % an. Außerdem ist seiner Meinung nach ein Mangel an Fett ein begünstigender Faktor. Eine Altersbevorzugung lehnt A r n o l d (39) ab. Seiner Meinung nach sind alle Altersklassen beteiligt. Weiterhin auffallend erscheint die Tatsache, daß die Nähe der Rippenknorpelverbindungen besonders oft betroffen zu sein scheint. Über den Frakturmechanismus bei Brüchen in der Gegend

der fünften Rippe ist B ä h r (38) folgender Meinung: "Der Mechanismus besteht in einem zu heftigen Zug seitens des muskulus pectoralis minor, der sich besonders stark an der fünften Rippe geltend macht; Ansatz des Muskels zweite bis fünfte Rippe. Dadurch sind auch Frakturen der oberen Rippen möglich. Diese sind jedoch nur als Dehnungsfraktur aufzufassen. Bei einer Muskelzugfraktur müßte der Bruch mehr auf den Knorpel lokalisiert sein, da erstens der Muskelursprung meistens auf den Knorpel übergreift und zweitens Kräfte, die am Rippenknorpelpunkt wirken, meist auf den Knorpel oder die Rippe etwas hineingetragen werden. Möglicherweise wurde in diesem Falle unter den gegebenen Bedingungen die Rippe von hinten her nach vorne geschoben."

M a n d l (47) schuldigt für seinen Fall eine inkoordinierte Bewegung an. A r n o l d (39) nimmt folgendermaßen Stellung:

"Ursache: mehrmalige heftige ruckartige Kontraktion des muskulus pectoralis minor, dessen kräftigste Zacke dicht neben der Knochenknorpelgrenze der dritten Rippe ansetzt und der sehr kräftigen Zacke des muskulus serratus anterior, die ebenfalls in breiter Linie an der vorderen Außenseite der dritten Rippe ansetzt. Es handelt sich beim Schockwurf, der bei festgestelltem Schulterblatt von hinten unten nach vorne oben ausgeführt wird, in aller erster Linie um eine starke Inanspruchnahme der gesamten Muskeln, besonders des pectoralis minor. Disponierendes Moment: allgemeine vorhergehende Muskelermüdung, wodurch möglicherweise inkoordinierte Muskelkontraktionen zustandekamen. Muskelermüdung ist auch disponierendes Moment für Muskelrisse bzw. Knochenabrisse im jugendlichen Alter."

Schuld sind also dann inkoordinierte und falsch dosierte Kontraktionen des muskulus pectoralis minor und des muskulus serratus anterior. D u b s (48) richtet sein Augenmerk in seinen beiden Fällen in der Hauptsache auf den muskulus serratus anterior. Im ersten Falle, bei dem die Fraktur der achten Rippe rechts in der Mamillarlinie zustandekam, beim plötzlichen Umdrehen des Körpers beim Reiten, wurde in der ersten Phase der Umdrehung der rechte Arm nach hinten gesetzt und dadurch der muskulus serratus anterior durch Abziehung des scapula nach hinten besonders in seinem unteren kräftigsten Teil aufs äußerste gespannt. Dann erfolgte die Drehung des oberkörpers. Bei festgestellten muskulus obliquus externus, dessen Ursprungszacken ja in die des muskulus serratus anterior eingreifen, wurde bei gleichzeitig stark gespanntem muskulus serratus anterior nun mit plötzlichem Ruck die Drehung des Oberkörpers um 180 Grad zu erzielen gesucht. Beide Muskeln wirkten in entgegengesetztem Sinne auf die unteren Rippen. Der muskulus serratus anterior war der aktivere und riß das laterale Fragment der Rippe von dem mehr durch den muskulus obliquus externus gehaltenen sternalen Teil ab. Sicherlich wurde bei dieser plötzlichen reflektorischen Drehung der muskulus obliquus externus als Antagonist nicht entspannt, es lag also eine inkoordinierte, nicht cerebral gesteuerte Bewegung vor, die auch hier den Abriß begünstigte.

Im zweiten Fall von D u b s (48) , bei einer Kampfspielübung, wurden die im Ellenbogen gebeugten Arme mit enormer Kraft vorn und seitlich dem Thorax genähert gehalten. Der Gegner zog mit enormer Kraft nach hinten seitwärts und außen. So wurde eine starke Zugwirkung auf die Rippen ausgeübt.

Es wurde nun durch den Gegner der muskulus serratus anterior passiv überdehnt und die Fraktur der unteren Rippen trat ein, als die Kraft des Gegners, die den muskulus serratus anterior passiv dehnte, größer war als die des Antagonisten des muskulus obliquus externus.

D u b s (48) gibt in seiner Veröffentlichung ebenfalls an, daß alle Altersstufen beteiligt sein können. Besonders aber muskelstarke Individuen. Letzteres läßt wieder an ein Mißverhältnis zwischen Muskelkraft und der normalen Festigkeit der knöchernen Insertionsstellen als ein zum Abriß führendes Moment denken.

C) Beckenfrakturen

1.) spina iliaca anterior superior

Die Abrißfraktur der spina iliaca anterior superior nimmt ein weites Gebiet ein. Sie wird fast durchwegs als Sportverletzung beobachtet und beim Skilauf, aber auch bei anderen Sportarten, z. B. Schnellauf, insbesondere beim Untrainierten, aufgezeigt. Diese Unfälle ereignen sich häufig, wenn die hauptbeteiligten Muskeln plötzlich versagen und die weniger angestrengten Hilfsmuskeln, in diesem Falle also sartorius und tensor fasciae latae reflektorisch dafür eintreten und versuchen, da sie unter schärfstem Einfluß des Willens stehen, das erstrebte Ziel zu erreichen. Diese plötzliche, äußerst heftige Beanspruchung hält die spina iliaca anterior superior nicht in allen Fällen aus. Es kommt auf diese Weise zum Abriß derselben. Nachstehende Tabelle soll dies veranschaulichen.

Nr.	Autor		Alter	Art der Tätigkeit	Unfallhergang	Lok.
1	Ebert	(49)	17	Wettspiel	Er kniete mit dem rechten Bein, dabei glitt das linke auf dem feuchten und glatten Rasen aus irgend einem Grunde nach vorn, als er es zurückziehen wollte, verspürte er einen Schmerz	l
2	Karfiol	(50)	16	-	Er ging in dem Klassenzimmer rückwärts; um nicht über das Podium, an welches er plötzlich stieß, zu fallen, machte er eine plötzliche Drehung nach links und kam ins Straucheln	l
3	Haltrich	(51)	19	Sport	Beim Stemmen von Gewichten	
4	Kühnast	(52)	3	-	Wollte im Laufen schnell die Richtung ändern, um einem Lastwagen auszuweichen	r
5	Steinthal	(53)	jung weibl.!	Sport	Ausrutschen beim Ballspiel	-
6	Boß	(54)	16	Sport	Plötzlicher Schmerz beim 100-m-Lauf	l
7	Lutz	(55)	-	Sport	Plötzlicher Schmerz im Verlaufe eines Wettkampfes	r
8	Brandenberg	(56)	19	Sport	Beim Laufen verspürte er plötzlich einen Schmerz, dann einen Knacks	r
9	Reverdin	(57)	19	Sport	Läuft einen Abhang hinunter, gleitet aus und will sich noch abfangen	l

Nr.	Autor	Alter	Art der Tätigkeit	Unfallhergang	Lok.
10	Auer (58)	20	Fußball	Er verfehlte beim Fußballspiel einen Ball	r
11	Wirtz (59)	19	Sport	Plötzlicher Schmerz während eines Wettlaufes	r
12	Ruppert (60)	18	Sport	Ausrutschen auf einer abschüssigen Wiese beim Laufen	r
13	Kleinschmidt (61)	16 weibl.	Sport	Während eines 75-m-Laufes	-
14	Löhr (62)	16	Sport	Beim Laufen nach brüskem Anhalten plötzlicher Schmerz	l
15	Löhr (62)	16	Sport	Ebenfalls Bremsbewegung beim Laufen	-
16	v. Saar (35)	23	Ballspiel	Er tritt nach dem Ball und verfehlt ihn	-
17	v. Saar (35)	18	Wettlauf	Beim schnellen Laufen bemerkt er plötzlich ein schnappendes Geräusch	l
18	Schnidtmann (63)	20	Wettlauf	Nachdem er eine kurze Strecke auf ebenem Boden gelaufen war, spürte er plötzlich einen heftigen Schmerz	l
19	Wagner (64)	18	Fußball	Im Laufen ausgerutscht und verspürte dabei heftigen Schmerz	r
20	Wagner (64)	16	Wettlauf	Während des Laufens verspürte er plötzlich einen heftigen Schmerz in der Hüfte	r

Nr.	Autor	Alter	Art der Tätigkeit	Unfallhergang	Lok.
21	Kahnt (65)	14 weibl.!	Sport	Beim Wettlauf plötzlicher Schmerz ohne Sturz	r
22	Kahnt (65)	16	Sport	Während des Anlaufes zum Sprungbrett verspürte er plötzlich einen Ruck und Knacks im Becken	r

Nach allgemeiner Auffassung, die besonders Schlöffel (66), Gallagher (67) und Cords (28) sowie Kühnast (52), Wagner (64) und Karfiol (50) unterstützen, ist bei diesen Verletzungen ein Altersgipfel zwischen 15 und 19 Jahren zu beobachten. In der Hauptsache betreffen sie das männliche Geschlecht.

Kühnast (52) bringt eine Aufzählung der in Frage kommenden Muskeln. Er schreibt:

"1. Gruppe: obliquus externus und internus, glutaeus medius. Würden diese Muskeln verantwortlich zu machen sein, so müßten auch Teile der crista mitabgerissen sein, da ja die hier angeführten Muskeln auch dort entspringen bzw. inserieren. Fernerhin müßte eine Dislokation des Bruchstückes nach oben bzw. außen stattfinden. Der rectus femoris, den Matti beschuldigt, kommt auch nicht in Frage, da er an der spina iliaca inferior und in der Gegend des acetabulums ansetzt.

2. Gruppe: sartorius und tensor fasciae latae, die beide an der spina entspringen und nach abwärts ziehen. Bei manchen Fällen wurde dementsprechend eine Verlagerung des Bruchstückes nach unten beobachtet. Die wirksame Kraft des sartorius ist nach F i c k 4 - 5 m pro Kilogramm, des tensor 10 - 11 m pro Kilogramm. Beide Muskeln kommen danach in Betracht, und zwar dürfen dem tensor vermöge seiner stärkeren Kraft die Hauptwirkung zuzuschreiben sein."

Zur Ursache sei nun folgendes gesagt: Die Verletzung kommt entweder durch eine unzweckmäßige Abwehrbewegung, beim Bestreben das Gleichgewicht während des Falles zu halten, zustande. Die plötzliche inkoordinierte Muskelkontraktion, die ihre Kraft hauptsächlich an der spina angreifen läßt, ist dann so heftig, daß die Verbindung dieses Teiles zerrissen wird oder die Verletzung ereignet sich während eines Wettlaufes, meist bei untrainierten Läufern, bei denen der Knochenvorsprung die stärkste Muskelbeanspruchung offenbar nicht aushalten kann. Bei Ermüdung der hauptsächlich beteiligten Muskulatur treten dann möglicherweise, wie bereits eingangs erwähnt, die Hilfsmuskeln in Aktion, also sartorius und tensor, wobei die spina dieser plötzlichen unphysiologischen Beanspruchung offenbar nicht mehr gewachsen ist. Zu den Fällen, die sich beim plötzlichen Abbremsen aus dem Laufen ereignen, nimmt L ö h r (62) Stellung:

"In Betracht kommen die Bauchmuskeln (muskulus externus und internus und der glutaeus medius). Beim brüsken Einhalten im Schnellauf wird der Rumpf zurückgeworfen, die Bauchmuskulatur heftig gespannt. Durch ihren breiten Ansatz am Beckenschaufelrand reißen sie aber nicht ab. Dieser rückwärtsschleudernd en Bewegung des Rumpfes wirkt der tensor fasciae latae

entgegen, wenn gleichzeitig der Oberschenkel gestreckt bzw. leicht überstreckt wird. Er ist starr und unnachgiebig. Hierdurch wird die periphere Hebelspitze des Beckenrandes, die spina iliaca anterior superior, plötzlich ganz besonders belastet und infolge des kleinen Angriffspunktes einer großen Kraft los- und nach unten gerissen."

C o r d s weist an dieser Stelle auch hier auf die Inkoordination innerhalb der einzelnen Phasen des ermüdeten, überanstrengten einzelnen Muskels hin. Über den von H a l t r i c h (51) mitgeteilten Fall, der seiner Meinung nach aus diesem Rahmen herausfällt, schreibt er:

"Hier erfolgte der Abriß der spina bei einem muskelstrotzenden Athleten beim Stemmen schwerer Gewichte. Eine befriedigende Erklärung sucht man vergeblich. Auch hier dürften inkoordinierte Kontraktionen die führende Rolle spielen. Die regulierende Tätigkeit der Großhirnrinde fällt hier offenbar fort durch einengende Einstellung des Bewußtseins auf die gestellte Aufgabe. Gerade bei diesem, so muskelstarken Individuum kann auch ein Mißverhältnis zwischen der Stärke der Muskulatur und der an sich normalen Knochenfestigkeit bestanden haben."

Dieser Fall sei besonders deswegen ins Auge gefaßt, wie auch der Fall Nr. 16 von v. S a a r (35) beschrieben, da in diesen beiden Fällen lt. den Angaben der Autoren die spina bereits völlig knöchern fixiert war. Bemerkenswert deswegen, weil die überwältigende Mehrheit der Autoren diese Verletzung als Apophysiolyse deklarieren, da ja die spina iliaca anterior superior frühestens ab dem 19., spätestens bis zum 22. Lebensjahr völlig verknöchert ist. Mit

diesen beiden Fällen wird jedoch eindeutig bewiesen, daß ein locus minoris resistentiae die Fraktur zwar begünstigt, aber nicht unbedingt erforderlich ist. Wilhelm W a g n e r (64) mißt, was noch erwähnenswert zu sein scheint, der schrägen Bauchmuskulatur in diesem Fall eine gewisse Bedeutung bei. Seiner Meinung nach entfalten sie durch die Vermittlung des Poupartschen Bandes ihre Wirkung auf den besprochenen Knochenvorsprung.

K l e i n s c h m i d t (61) legt besonderen Wert auf die Tatsache, daß sich diese Abrißfraktur in den allermeisten Fällen beim Kurzstreckenlauf und nicht beim Langlauf ereignet: "Der Langstreckenlauf fordert durch langsames, gleichsam zeitlupenmäßiges Abrollen im Sinne eines An- und Abschwellens der Kontraktion der beteiligten Muskulatur, keine akute Überbelastung dieser Muskeln. Anders der Kurzstrekkenlauf. Mit äußerster Energie muß der Läufer trachten, so schnell wie möglich die einzelnen Schritte auszuführen und mit größter Muskelkraft den Körper vorschnellen lassen. Von einem stufenmäßigen Ansteigen und Abfallen der Muskelkontraktionen bleibt wenig übrig. Eine solche Zerreißprobe der Muskulatur - die Oberschenkelbeuger sind weitgehend beteiligt - kann diese nicht lange durchhalten. In einer individuell sehr verschiedenen Zeit versagt die Muskulatur ihren Dienst. Mitbestimmend für das längste Durchhalten solcher Leistungen ist das Training. Wenn nun jugendliche Untrainierte sich solchen Wettkämpfen unterziehen, so besteht die Möglichkeit, daß die Muskulatur schon vor dem Ziel ermüdet ist, so daß weiteres Laufen unmöglich wird. Die solcher Übungen ungewohnten Muskeln, wie die Muskeln überhaupt, lassen sich nicht beliebig oft und gerade so schnell hintereinander bis zum äußersten Krafteln-

satz treiben. Es kommt zu einem plötzlichen Versagen der besonders stark beanspruchten Muskeln. In unserem Fall ist es der ileopsoas, rectus femoris tibialis anterior, die das Vorschwingen des Beines besorgen; dann die Rückwärtsstrecker Glutaeus maximus, Biceps, semimembranosus, semitendinosus, Gastrocnenius. Erst in zweiter Linie kommen sartorius und tensor fasciae latae in Betracht. Neben ihrer eigentlichen Tätigkeit sind sie ja nur Hilfsmuskeln der Beuger. Sie werden bei solch starker Beanspruchung, wie es das Laufen beim Wettkampf ist, wohl herangezogen werden, aber nicht in dem Maße wie die oben erwähnten hauptbeteiligten Muskeln. Ihre Ermüdung wird deshalb nicht so schnell und nicht so vollständig eintreten. Wenn nun diese hauptbeteiligten Muskeln plötzlich versagen, so muß der Körper zusammenfallen, doch reflexartig springen die übrigen, noch weniger in Anspruch genommenen Muskeln, ein, um die vom Willen beherrschte Leistung - hier das Laufen - weiterführen zu können. Dazu sind sie aber nicht mehr kräftig genug. Es kommt zu einer plötzlichen Überbelastung des sartorius und tensor."

2.) spina iliaca anterior inferior

In analoger Weise ist auch der untere Darmbeinstachel von solchen Muskelzugverletzungen betroffen.

Fälle:

1.) K ö h l e r (68)

"Ein 13-jähriger Knabe erlitt diese Abrißfraktur durch äußerste Anstrengung seiner Beinmuskeln beim Schlagballspiel."

2.) H a n k e (69)

"Ein 16-jähriger Junge wollte beim Fußballspiel den Ball mit dem linken Bein abschießen. Im Moment des Abschusses wurde ihm von rechts ein Bein gestellt; er stürzte nach hinten und rechts seitlich. Vorher versuchte er durch rasches Zurückwerfen des Oberkörpers den Sturz zu verhindern."

3.) R o t h b a r t (70)

"19-jähriger Mann glitt aus, aber bewahrte sich das Gleichgewicht, wobei die spina iliaca anterior inferior abriß."

4.) R o t h b a r t (70)

"Ein 38-jähriger, äußerst imbeciller Mann zeigte den für diesen Abriß typischen Befund, konnte aber weiter keine Angaben machen, als daß er gefallen war."
(Bei diesem 4. Fall könnte es sich um eine Fraktur durch äußere Gewalt handeln, eine Apophysiolyse liegt wegen des Alters nicht vor.)

5.) V o i g t (71)

"Es wird der Abriß der knöchernen Ansatzstelle des rectus femoris bei einem 14-jährigen Jungen beim Wettlauf auf ebenem Boden beschrieben."

Als Ursache gibt R o t h b a r t (70) an, daß sich die Verletzung meistens beim Ausgleiten und dem Versuch, das Rückwärtsfallen des Körpers zu verhindern, ereignet. Er beschreibt dazu zwei Möglichkeiten:

"1. Außenrotation und Vorwärtsdrängen des caput femoris, wodurch zwar die Luxation verhindert, aber

das ligamentum Bertini samt seiner Insertion abgerissen wird.
2. Plötzliche krampfhafte Inanspruchnahme des caput longum des muskulus extensor cruris longus (muskulus rectus femoris), das zum Abriß der spina iliaca anterior inferior, seiner Ursprungstelle, führt. Die Ansicht von M a t t i (19) , daß die Verletzung durch gewaltsame Hyperextension des Oberschenkels entsteht, ist entsprechend."

H an k e (69) gibt für seinen Fall folgende Erklärung: "Es trat eine plötzliche Störung des Gleichgewichts ein, wobei ein rasches Zurückwerfen des Oberkörpers stattfand. Der Störung des Gleichgewichts wirkte eine krampfhafte maximale Kontraktion der Strecker des Oberschenkels entgegen, ohne den Sturz nach hinten verhindern zu können. Der Zug des muskulus Quadriceps wirkte sich vielmehr verstärkt durch Inkoordination und das Gewicht des Rumpfes unzweckmäßig so stark aus, daß der schwächste Punkt, eben die spina inferior, abriß."

Eine gewisse Parallele zum Entstehungsmodus der Verletzung an der spina iliaca anterior superior ist evident. Auch hier handelte es sich lt. Angaben der Autoren aller Wahrscheinlichkeit nach um untrainierte Sportler, bei denen die eigentlichen Heber des Oberschenkels versagten und nun der rectus femoris, der sonst ja beim Heben nur mithilft, voll eingesetzt wurde. Er kontrahierte sich mit letzter Kraft so ungehemmt, daß der Abriß eintrat.

3.) os pubis

Die Fraktur durch Muskelzug des Schambeins ist wohl zu den sehr seltenen Verletzungen zu rechnen. Die drei in der Literatur gefundenen Fälle, seien hier kurz aufgeführt.

1.) M a y d l (22)

"Eine 43-jährige Frau hob schwere Steine von einem Schiff ans Ufer. Beim Heben der Steine legte sie sich zurück und hob den Stein mit Hilfe ihres Bauches, indem sie die Last auf das Schambein stützte und verspürte dabei einen Schmerz in der linken Leistengegend. Es erfolgte eine Fraktur des linken oberen Schambeinastes."

2.) M a y d l (22)

"Ein 26-jähriger Reiter drückte beim Hindernisspringen während des Sprunges zum festeren Sitz Knie und Oberschenkel an. Er verspürte in diesem Augenblick einen starken Schmerz und hatte das Gefühl, es sei etwas gerissen."

3.) S c h m i e d e n (72)

"Die Patientin erlitt einen Autounfall. Es war kein Trauma nachweisbar. Als Abwehrbewegung vor dem Unfall zog sie sehr kräftig die Knie eng geschlossen nach oben an und verspürte das Gefühl einer schweren inneren Zerreißung. Sie zog sich dabei eine vierfache Fraktur aller Schambeinäste rechts und links neben der Symphyse in Form einer Schmetterlingsfraktur zu."

Der eben beschriebene Fall stellt in gewisser Weise ein Kuriosum dar. Denn derartige Ringbrüche entstehen

sonst meist nur bei schweren stumpfen Traumen in der Beckengegend. S c h m i e d e n (72) nimmt zu seinem Fall folgendermaßen Stellung:

"Es war mir möglich, an einem besonders lehrreichen Fall zu zeigen, daß sogar die vierfache Fraktur aller Schambeinäste rechts und links neben der Symphyse u. U. als reine Muskelabrißfraktur entstehen kann, wobei dann das die Symphyse enthaltende mittlere Fragment nicht in die Tiefe des Beckens hineingetrieben, sondern durch den Muskelzug nach außen herausgerissen werden kann. Im allgemeinen herrscht im Schrifttum die Ansicht, daß diese vierfachen Brüche der Schambeinäste das Produkt einer Kompressionsfraktur sein müßten, bei welcher die grobe Kraft zwar die kompakten Teile des Beckenringes schont, während sie die leichter splitternden zarten Spangen der Schambeinäste zerstört. Zur Erklärung des Mechanismus genügt die einfache Überlegung, daß bei dem geschilderten Vorgang in aller erster Linie die beiden muskuli recti abdominis und gleichzeitig die Flexoren und Adduktoren des Oberschenkels, also alle am symphysen Anteil des Beckens inserierenden Muskeln in kräftigste Kontraktion versetzt wurden. Bei gebeugtem Hüftgelenk in sitzender Stellung muß diese energische Muskelbetätigung zu der beschriebenen Rißfraktur des symphysen Gebietes des Beckens führen."

Den Fall 1. interpretiert M a y d l (22) als Rißfraktur des horizontalen Schambeinastes, bedingt tatsächlich durch den Zug des muskulus pectineus. Im Fall Nr. 2 analysiert er den Bewegungsmechanismus eingehend:

"Das Becken war nach vorne geneigt, es mußte gehoben und nach vorne gedreht werden. Beide Bewegungen soll-

ten um den linken Oberschenkelkopf geschehen, welcher zu diesem Zweck fixiert wurde. Nun ist es möglich, daß durch den psoas (zur Feststellung des Beins) die linke Hälfte des Beckens der Rotation, welche dem rechtsseitigen Beckenteil mitgeteilt wurde, nicht folgte und so die Fraktur stattfand. Der Muskel, durch dessen Aktion die Fraktur entstand, wird nicht genannt. Als solche wären, bei Feststellung des Beines und dem gleichzeitigen Bestreben, die Last mit Hilfe, d. h. durch Kontraktion des Bauches zu heben, die linksseitigen Adduktoren und die großen inneren Bauchmuskeln, besonders der rectus zu nennen. Sie hatten das Schambein gewissermaßen über den Rand des straff gespannten ileopsoas gebrochen."

D ü b e n (73) differenziert zwischen Überlastungsschäden und Frakturen durch Muskelzug hinsichtlich ihrer Lokalisation:

"Am Becken des Erwachsenen betreffen Überlastungsschäden vorwiegend den unteren Schambeinast. Unseres Erachtens spielt es aber keine Rolle, daß hier früher einmal eine Epiphysenlinie gewesen ist. Die Verknöcherung ist doch so vollständig, daß vom Vorhandensein einer Nahtstelle im Sinne einer Schwachzone wohl kaum die Rede sein kann. Es handelt sich vielmehr um einen Neubruch."

4.) Tuber ossis ischii

Die Abrißfraktur des Tuber ossis ischii kann man wohl mit Recht als eine typische Sportverletzung bezeichnen. Es spielen ätiologisch die Wirkung der Semimuskeln und der lange Kopf des muskulus biceps femoris eine Rolle.

Fälle

Nr.	Autor		Alter	Tätigkeit	Unfallhergang
1	Milch	(74)	11 weibl.!	Bodenturnen	In Spagatstellung
2	Leod und Lewis	(75)	17	Sport	Beim Weitsprung
3	Karfiol	(50)	19	Fußball	Er war beim Fußballspielen unwillkürlich weit ausgeschritten
4	Berry	(76)	20	Wettlauf	Während schnellsten Laufens plötzlich Schmerz in der linken Gesäßgegend
5	Gutschank	(77)	17	100-m-Lauf	Beim Vorreißen des rechten Beines stechender Schmerz; anschließend stolperte er; doppelseitiger Abriß
6	Knoll	(32)	-	Hochsprung	--
7	Knoll	(32)	-	Hochsprung	--
8	Hellmer	(78)	-	Wettlauf	Während eines Sprints
9	Cords	(28)	22	Hochsprung	Beim Absprung
10	Cords	(28)	24	Hochsprung	Derselbe Patient zwei Jahre später, ebenfalls beim Absprung. Beide Male Abriß rechts

Von Saar (35), Gutschank (77) und Hartwich (79) erkennen als ätiologisches Moment inkoordinierte Kontraktionen als ausschlaggebend an. Cords (28) schreibt über den Verletzungsmechanismus:

"Entweder es fand plötzlich eine äußerste Kontraktion der Unterschenkelstrecker statt, sei es im Sinne einer Sturzabwehrbewegung oder, wie in der Mehrzahl der Fälle, im rasenden Lauf bzw. energischen Anlauf, ohne daß dabei die Beuger rechtzeitig entspannt wurden (daring liegt die Inkoordination). Die Beuger wurden auf diese Weise überdehnt und der Abriß erfolgte am Ort des geringsten Widerstandes, an der Apophysenlinie des Tuber ischii oder umgekehrt, die am Tuber ischii entspringenden Muskeln (muskulus semitendinosus, semimembranosus, caput longum des muskulus biceps femoris), die Kniebeuger also, wurden plötzlich maximal innerviert, ohne daß die Strecker (muskulus Quadriceps) sich entspannt hätten. Der stärkere muskulus Quadriceps hielt den Unterschenkel gestreckt und die Kraft der Beuger wirkte sich physiologisch falsch aus, indem sie den Sitzhöcker an der Apophysenlinie abriß. Die Inkoordination also, indem der Agonist innerviert wurde und der Antagonist innerviert blieb, dürfte in allen Fällen das auslösende Moment gewesen sein. Inkoordinationen im Verlauf einer Abwehrbewegung erscheinen verständlich; weniger verständlich sind sie dort, wo keine solche vorlag. Hier dürften wieder die neurophysiologischen Vorgänge zum Verständnis beitragen."

An dieser Stelle soll noch ein Fall von Bull (80) Erwähnung finden, als nämlich ein überaus kräftiger Kutscher beim plötzlichen Emporreißen einer schweren Last (50 kg) bei vorgesetztem rechten Fuß plötzlich

einen Knacks und gleichzeitig einen heftigen Schmerz in der rechten Gesäßbacke verspürte. Röntgenologisch wurden zwei Bruchfurchen im foramen obturatorium und ein abgerissenes Knochenstück von 8,5 cm Größe, welches 1 cm nach außen und unten disloziert war, gefunden.

D) Untere Extremität

1.) Trochanter major

Die Muskeln glutaeus medius, minimus, piriformis und obturator können einen Abriß des Trochanter major hervorrufen, wenn auch eine derartige Verletzung äußerst selten ist. N e c k (81) beschreibt einen Fall von indirekter Gewalteinwirkung durch Muskelzug am Trochanter major bei einem 24-jährigen Mann infolge Anhebens eines schweren Sackes bei gleichzeitig drehender Bewegung des Oberkörpers.

W a e c h t e r (82) beobachtete ähnliches beim Versuch, mit Gewalt einen Sturz zu verhindern.

N e u g e b a u e r (83) schreibt folgendes:

"Ein 40-jähriger Arbeiter, der früher immer gesund gewesen war und besonders nie einen Knochenbruch erlitten hatte, glitt mit seinen benagelten Schuhen auf dem Bürgersteig aus. Die Beine flogen ihm nach vorne zu unter dem Körper fort und er kam mit ziemlicher Gewalt auf das Gesäß und etwas auf die rechte Körperseite zu sitzen. Ein Arbeitskollege half ihm auf, jedoch konnte der Verunglückte nicht mehr laufen. Er hatte große Schmerzen im linken Oberschenkel

und mußte nach dem Krankenhaus überführt werden. Röntgenbild: Ein 3 cm langes Knochenstück ist an der Aussenseite des Trochanter major abgerissen."

N e u g e b a u e r (83) nimmt dazu folgendermaßen Stellung:
"Die Verletzung ist nicht durch eine direkte Gewalteinwirkung, sondern indirekt durch Muskelzug entstanden. Eine derartige Verletzung ist etwas außerordentlich seltenes, zumal bei kräftigen Leuten in jüngerem Alter, bei welchen von Knochenbrüchigkeit noch keine Rede sein kann. Eine direkte Gewalteinwirkung, etwa durch Fall auf den Trochanter selbst, kommt hier nicht in Frage, da der Verletzte auf die andere Seite auffiel. Eine solche isolierte Abreißung am Trochanter major läßt sich nur durch einen ungewöhnlich starken Zug der dort ansetzenden Muskulatur erklären. Nun setzen am Trochanter major bekanntlich eine ganze Anzahl Muskeln an: glutaeus medius und minimus, piriformis, obturator internus, gemelli, quadratus femoris, obturator externus. Von diesen scheiden für den vorliegenden Fall der obturator internus und externus und die gemelli aus, weil sie in der fossa trochanterica und nicht an der Außenseite des großen Rollhügels inserieren. Der quadratus femoris setzt nur zum Teil am trochanter major, zum Teil an der angrenzenden crista intertrochanterica an, der piriformis nur an der Spitze des Trochanter. Auch ist das Volumen dieser Muskeln und ihre Spannweite eine zu geringe, um einen derartigen gewaltigen Effekt, wie den Abriß eines Knochenstückes aus dem Trochanter major hervorrufen zu können. Ferner müßte bei der Zugrichtung dieser Muskeln ein durch sie abgesprengtes Stück auch anders gelagert sein. Es bleiben also nur der glutaeus medius und minimus übrig. Beide sind Adduktoren. Die hintere Hauptmasse der Muskelfasern des glutaeus me-

dius zieht von der linea glutäa posterior und der linea iliaca zum Trochanter major, also etwas von hinten und oben her. Der glutaeus maximus zieht über den Trochanter major hinweg und ist von ihm durch einen großen Schleimbeutel getrennt. Der glutaeus medius und minimus, die im vorderen Teil schwer zu trennen sind, sind dicke fleischige breite Muskeln mit derben Muskelfasern und kurzer aber breiter Ansatzsehne, die sehr wohl fähig ist, bei entsprechend kräftiger Kontraktion einen gewaltigen Zug an der Ansatzstelle auszuüben. Wie ist nun das Zustandekommen eines derartig starken Zuges zu erklären. Gleiten einem aus irgendeinem Grunde plötzlich die Beine unter dem Leibe hinweg nach vorn, so wird rein reflektorisch der Körper durch Muskelanspannung versuchen, das weitere Gleiten der Beine aufzuhalten bzw. wird man - ebenfalls rein reflektorisch - sich bemühen, das Gleichgewicht durch einen Ruck des Oberkörpers nach vorn wieder herzustellen. Eine feste Kontraktion der glutaeen - aller drei - ist das gegebene und bei der reflektorischen Raschheit des Vorganges, die eine Dosierung des Zuges ausschließt, wird der Muskelzug natürlich ein sehr kräftiger sein.
Bedenkt man, daß unwillkürlich und augenblicklich beim Ausgleiten der Beine zur Abschwächung des Sturzes und zur evtl. Wiederherstellung des Gleichgewichtes der Oberkörper ruckartig nach vorne geworfen wird und meist auch eine Drehung des Oberkörpers nach einer Seite dabei stattfindet, so ist m. E. die starke Gewalt einer oft übergroßen Kontraktion hinreichend erklärt und der Knochenabriß am Ansatzpunkt durchaus möglich. Eine Beteiligung auch des glutaeus maximus an der gewaltigen Kontraktion im vorliegenden Fall geht daraus hervor, daß unterhalb des Trochanter major ebenfalls starke

Schmerzhaftigkeit und eine gewisse Spannung bestand, die ich auf Abriß von Muskelfasern des glutaeus maximus von seinem Ansatz und eine konsekutive Blutung zurückführe."

Vielleicht ist noch erwähnenswert, daß alle drei Fälle die linke Seite betrafen. Erst im 18. Lebensjahr erfolgt die Verschmelzung der Epiphyse, so daß man nach diesem Lebensjahr mit ziemlicher Sicherheit von einer echten Fraktur sprechen kann.

2.) Trochanter minor

Der Abriß des Trochanter minor entsteht unter der Einwirkung des muskulus ileopsoas. Diese Verletzung wurde bei weitem häufiger beobachtet als die vorher beschriebene. Die folgende Tabelle soll eine knappe Übersicht über die in der Literatur aufgezeichneten Unfälle geben.

Nr.	Autor	Alter	Art der Tätigkeit	Unfallhergang	Lok.
1	Ascher (84)	15	Laufen	Er lief auf der Straße ziemlich schnell und drehte sich von rückwärts angerufen während des Laufens plötzlich nach links um	l
2	Bähr (85)	15	Sport	Beim Anlaufen zum Absprung	
3	Bortolotti (86)	16	Springen	Sprang von der Straßenbahn ab, um das Gleichgewicht zu halten, riß er den Oberkörper nach hinten	r, l Epiphysentrennung

Nr.	Autor	Alter	Art der Tätigkeit	Unfallhergang	Lok.
4	Carthy (87)	8 weibl.!	--	Bei einem Sturz	-
5	Stimson (88)	17	Sprung	Sprang über einen Zaun und fiel nach hinten	-
6	Vorschütz (89)	14	Radfahren	Er mußte plötzlich nach links ausweichen; um nicht hinzufallen, sprang er in schneller Fahrt ab	r
7	Wagner (90)	14	Sport	Mitten in seinem schnellsten Lauf	r
8	Pegger (91)	52	--	Sturz von einer Treppe; er versuchte, den Fall nach rückwärts durch Drehung nach rechts vorne zu verhindern	r
9	Walbaum (92)	12 weibl.!	Sport	Sie mußte mitten während des Laufens unerwartet plötzlich stoppen	l
10	Walbaum (92)	16	Sport	Mitten während des Vorwärtslaufens	r
11	Ingrassia (93)	jung	Lanzenwerfen	Strauchelte beim Anlauf	-
12	Brunelle (94)	19	--	Bei der Abwehr von Fußtritten	r
13	Bardenheuer (95)	15	Laufen	Versuchte Fall nach vorwärts durch heftige Rückwärtsbeugung zu verhindern	r
14	Pochhammer (96)	15	Rodeln	Beim Aufspringen auf den Schlitten	r

Nr.	Autor	Alter	Art der Tätigkeit	Unfallhergang	Lok.
15	Feinen (97)	15	Laufen	Versuchte Sturz nach vorn zu verhindern	r
16	Hannemüller (98)	18	Laufen	Glitt links nach hinten aus und stürzte mit dem Oberkörper nach vorne	l
17	Ruhl (99)	17	--	Wurde in einer anfahrenden Straßenbahn plötzlich nach hinten gerissen	l
18	Eikenbarry (100)	7	--	--	
19	Eikenbarry (100)	11	--	--	
20	Eikenbarry (100)	17	--	--	
21	Nägeli (101)	17	--	Glitt aus, als er Treppe hinuntersprang	l
22	Poston (102)	14	Sport	Fällt beim Fußballspielen auf die rechte Schambeingegend	r
23	Rácz (103)	16	Laufen	Stürzt nach vorn, reißt den Oberkörper nach rückwärts	l
24	Strebel (104)	12	Turnen	Stolperte nach vorn und warf sich zurück	-
25	Strebel (104)	15	Sport	Während des Laufens	l
26	Strebel (104)	11	Laufen	Beim Start	r

Nr.	Autor		Alter	Art der Tätigkeit	Unfallhergang	Lok.
27	Usland	(105)	-	Fußball	Fehlschlag mit starker Hüftbeugung	Abriß im Standbein
28	Carl	(106)	16	--	Sprang von der Straßenbahn ab und versuchte Sturz nach vorne zu verhindern	r
29	Hoch	(107)	17	Arbeit	Wurde von einer Kaminplatte am Kopf getroffen, stützte sich mit dem linken Bein ruckartig ab	l
30	Jacobson	(108)	13	Staffellauf	Beim Start zum Stabwechsel	r
31	Kremser	(109)	10	Wettlauf	Einige Schritte nach dem Start im Laufen	l
32	Langdon	(110)	12	Laufen	--	-
33	Langdon	(110)	16	Laufen	--	-
34	Moreau und Lecourtier	(111)	15	--	Plötzliche heftige Drehbewegung	-
35	Mosenthal	(112)	17	Hochsprung	Strauchelte beim Absprung riß Oberkörper nach hinten, um nicht vorne überzufallen	l
36	Mosenthal	(112)	14	Wettlauf	Rutschte in der Kurve aus	-
37	Chaput	(113)	52	--	Nach einem Sturz	-

Nr.	Autor		Alter	Art der Tätigkeit	Unfallhergang	Lok.
38	Binet und Hammant	(114)	11 1/2	--	Stürzte von einer Mauer, fing sich mit den Beinen ab	l
39	Grune	(115)	14	--	Versuchte Sturz durch Streckung nach rückwärts abzufangen	r
40	Martius	(116)	--	--	Versuchte sich beim Hinunterstürzen aufzurichten	-
41	Matrosow	(117)	17	Sport	Stolperte beim Sprung	r
42	Urban	(118)	13	Sport	Während raschen Laufens	r
43	Urban	(118)	17	Sport	Beim Fußballspielen mitten im raschen Laufen plötzlich stechender Schmerz	l
44	Vadsten	(119)	15	Sport	Beim Versuch auf ein Pferd zu springen	
45	Rácz	(103)	-	Sport	Während des Rennens war er im Begriff vornüber zu stürzen und riß den Oberkörper nach rückwärts	-
46	Schülein	(120)	17	--	Patient stand auf einer Plattform, wurde plötzlich nach rückwärts geworfen	l

Wie schon erwähnt, ist der muskulus ileopsoas in der Hauptsache am Zustandekommen dieser Verletzung beteiligt. Der Muskel, der aus zwei Teilen besteht, der muskulus ilicus, der nur zum kleinen Teil am Trochanter minor ansetzt aber im Gegensatz zum muskulus psoas rein fleischig, und der muskulus psoas selbst, der mit einer relativ dünnen Sehne auf kleinem Raum an den Knochen ansetzt.

M o s e n t h a l (112) unterscheidet nun zwei Formen bei der Erklärung des Entstehungsmodus. Er schreibt:

"Bei einem aktiven Abriß entsteht die Fraktur folgendermaßen: Ein Mensch steht auf einem Bein - belastet so seinen Körper - in einem Fahrzeug. Das Fahrzeug ruckt plötzlich an, um nicht zu fallen, kontrahiert der Mensch seinen ileopsoas aufs äußerste und reißt bei dieser Gelegenheit den Trochanter ab." Er bezieht sich dabei auf die beiden Fälle von R u h l (99) und von P o c h h a m m e r (96). M o s e n t h a l (112) schreibt weiter: "Das weit häufigere ist das passive, welches fast ausschließlich bei sportausübenden jungen Leuten auftritt, und zwar dadurch, daß der Patient im raschen Lauf oder Springen plötzlich durch irgendein Hindernis abstoppen muß. Das eine Bein ist erhoben und um nicht zu fallen, wird plötzlich der weit nach vorn gebeugte Körper, der den ileopsoas in stärkster Verkürzung hält, durch Anspannung der Antagonisten, das ist in diesem Fall die gesamte Rückenmuskulatur, nach hinten gerissen und auf diese Weise der ileopsoas, der sich nicht rasch genug entspannen kann, mit seinem Ansatzpunkt vom femur abgerissen."

Der gleichen Ansicht ist F e i n e n (97) :
"Der Mechanismus der Verletzung in unserem Falle

zeigt das Bild einer Abrißfraktur, wie es an eindeutiger Klarheit bisher bei dieser Fraktur in keinem Fall zur Beobachtung gelangte. Ein junger Mann gerät während des Laufens in Gefahr zu fallen. Dieser Zustand bedeutet für den ileopsoas den Zustand der aktiven Kontraktion des Muskels bei feststehenden Füssen. Der Oberkörper wird, um das Hinfallen zu verhüten, nach hinten gerissen. Dies bedeutet für den aktiv kontrahierten ileopsoas eine passive Dehnung. Auf diese passive Dehnung des aktiv kontrahierten Muskels reagiert der starke ileopsoas mit einer Abreißung an der Epiphysenlinie des Trochanter minor, seiner schwächsten Stelle."

Die Erklärung dieser Verletzung bezieht sich also auch hier wieder auf zum einen die aktive reflektorische überstarke Kontraktion eines Muskels, zum anderen auf einen Innervationsfehler beim Zusammenspiel zwischen Agonisten und Antagonisten, wobei der eine bereits innerviert wird, obwohl der andere in seiner Tätigkeit vom Zentrum aus noch nicht gehemmt worden ist.

Zur dritten Möglichkeit, daß sich nämlich die Abrißfraktur, wie im Falle W a g n e r s (90) und auch B ä h r s (85) im vollen schnellen Laufen ereignete, sei noch folgendes gesagt: "Hier ist (nach P e g g e r (91)) der von der Großhirnrinde ausgehende Impuls, ähnlich wie beim zuerst besprochenen Typus, nicht abschwächend, sondern entsprechend der gestellten Aufgabe unter Ausschaltung hemmender Einflüsse im positiven Sinne, ein sehr starker, so stark, daß es zur Überanspruchung der physiologischen Festigkeit des Gewebes kommt; oder in psychologisches Gebiet übertragen: unter dem in diesem Moment beherrschenden Willen zum möglichst schnellen Laufen, ver-

stummen die sonst automatisch tätigen Rücksichten auf die Beachtung der physiologischen Beanspruchungsgrenze des Körpers."

P o c h h a m m e r (96) legt in seinem Fall noch besonderen Wert auf die Tatsache, daß der muskulus ileopsoas durch das Körpergewicht einseitig überbelastet wird: "Es handelt sich um eine ungewohnte Belastungsprobe, welche unvermutet auf das Knochengewebe des Trochanter minor einwirkt. Die Last der ganzen oberen Rumpfhälfte, die für gewöhnlich von beiden Muskeln getragen wird, soll plötzlich nur von dem ileopsoas einer Seite im Gleichgewicht gehalten werden. Das bedeutet für das Knochengefüge des Trochanter minor eine Mehrbelastung um das Doppelte. Die Gewichtsverteilung ist verschoben. Diese einseitige Mehrbelastung ist ausschlaggebend für den Eintritt der Fraktur. Ihre Bedeutung ist bei der Erörterung des Entstehungsmechanismus von den Beobachtern der Abrißfraktur des Trochanter minor bisher noch nicht in genügender Weise gewürdigt worden."

3.) femur

Der Abriß des condulus femuris medialis ist ebenfalls selten und wird als Rodelverletzung beim Hängenbleiben des weggestreckten Beines während der Fahrt beschrieben (von S a a r (35) , K ü n t s c h e r (121)). "Hier wird also die passive Dehnung der Adduktoren, das Moment, das zum Abriß ihres Knochenansatzes führt. Die Verletzung ereignet sich öfters beim Skilaufen, wobei der aktive Muskelzug in der Regel schon eine ungleich größere Rolle spielen dürfte."

Es ist allerdings Gegenstand einer genaueren Differenzierung, inwieweit die röntgenologisch neben typischen Ausrissen gefundenen Verknöcherungen des Ansatz des muskulus adductor magnus von dem sogenannten Stieda'schen Begleitschatten abzugrenzen sind. Selten werden auch Schaftfrakturen des femurs durch Muskelzug beobachtet. M a t t i (19) berichtet über einen Fall: "Beim Austeilen eines Fußtrittes, der sein Ziel verfehlt (ereignet sich diese Verletzung), weil dann die erwartete, bei der Dosierung der kräftigen Kniegelenksstreckung und Hüftgelenksbeugung in Rechnung gestellte Hemmung nicht erfolgt, so da inkoordinierte antagonistische Muskelhemmung reflektorisch in Aktion tritt. Auf diese Weise entstehen vorwiegend Schrägbrüche. Beim Kegelschieben entstehen am Standbein ebenfalls Frakturen des femur, bei denen die kräftige Muskelaktion mitwirkt. Hier handelt es sich jedoch stets um eine wesentliche Torsionskomponente, wie bei der Femurfraktur, die beim Telemarkschwung bei Skifahrern entstehen. Die auslösende Kraft wird hier allerdings von der Muskulatur des Patienten geliefert. Doch spielt die Hebelwirkung des Standfußes bei Skiläufern, die bedeutende Verlagerung des Hebels durch den Ski und häufig auch in gewissem Ausmaße die Fallbewegung des Körpers, eine wesentliche Rolle."

G u r l t (46) hat angeblich 14 derartige Fälle beobachtet. P i r k e r (122) hat sich aufgrund eines Falles, den er selbst beobachtete, eingehend mit diesem Thema beschäftigt.

"18-jähriger Bursch, er hatte bei Ausübung des Sportes nie irgendwelche Beschwerden, er war ausdauernd und geschickt. Am Tag des Unfalles hat Patient, nachdem er tagsüber ziemlich viel herumgegangen war, gegen

abend durch etwa eine Stunde auf seinem Sportplatz Handball gespielt. Am Ende des Spieles wollte Patient das Spielfeld verlassen und mit der Absicht nach Hause zu gehen - eigentlich nicht mehr am Spiel teilnehmend - ging er in mäßig schnellem Tempo am Rande des Spielfeldes. Plötzlich bemerkte er, daß der Ball rechts von ihm in der Luft auftaucht, er will den Ball fangen. Macht einen größeren Schritt nach vorwärts und dreht den Körper nach rechts. Gleichzeitig streckt er den Körper, um den Ball mit vorgestreckten Armen zu erreichen. In diesem Moment spürt der Patient einen Schmerz im linken Oberschenkel und hört ein krachendes Geräusch. Der linke Oberschenkel knickt ein. Patient verliert dadurch den Halt und fällt zusammen. Patient gibt als vollkommen sicher an, daß der Bruch vor dem Niederfallen erfolge. Das Röntgenbild zeigt eine Querfraktur im mittleren Drittel des femur. Sonst sind röntgenologisch keine Veränderungen am Knochen nachweisbar."

Zu seinem Fall nimmt P i r k e r (122) nun folgendermaßen Stellung: "Der Patient erleidet einen Biegungsbruch des linken Oberschenkels ohne Einwirkung einer äußeren Gewalt. Er ist nicht ausgerutscht, nicht gestolpert, nicht mit dem Fuß hängengeblieben, er ist nicht einmal richtig gesprungen. Die Schwerkraft des Körpers konnte nicht als lebendige Kraft nach dem Trägerprinzip wirken, da das Bein ja nicht fixiert war. Als wirkende Kraft kommt allein der Muskelzug in Betracht. Der Patient hat sich seinen Oberschenkelknochen sozusagen in der Luft zerrissen, und zwar anläßlich einer Bewegung, die ein halbwegs geschickter und gesunder junger Mensch ohne weiteres jederzeit ausführen kann."

Zum Mechanismus schreibt er weiter: "Da ist es klar, daß eine Biegung des femur mit der Konvexität nach außen nur durch die Adduktoren möglich ist, die an der Innenseite im distalen Abschnitt ansetzen. Diese Muskeln sind hauptsächlich: Adductor magnus gracilis, semitendinosus und semimembranosus. Damit diese Muskeln aber richtig wirken können, d. h., damit sie den Oberschenkel wirklich biegen können, ist es sicher notwendig, daß das proximale Ende des femur im Hüftgelenk fixiert ist. Das dürfte in unserem Fall wahrscheinlich durch den glutaeus maximus und den tensor fasciae latae besorgt worden sein. Evtl. auch noch durch andere Muskeln, die Oberschenkel und Becken strecken."

P i r k e r rückt ganz entscheidend von den üblichen Theorien der Inkoordination ab und geht von rein anatomischen Gegebenheiten aus: "Die Schuld an der Entstehung dieser Fraktur mußte also notwendigerweise in einer Veränderung des Gewebes gelegen sein. Diese Veränderung muß sich in einem Mißverhältnis zwischen der Muskelkraft und der Knochenfestigkeit äußern. Entweder der Muskel ist zu stark oder der Knochen ist zu schwach oder beides ist der Grund für dieses Mißverhältnis. Daß die Muskelkraft in unserem Fall eine abnorm starke ist, erscheint mir zweifellos. Ob dieser Knochen nun normal ist oder nicht, es besteht ein Mißverhältnis zwischen Muskulatur und Knochen und dieses Mißverhältnis ist Ursache für die Verletzung. Die Veränderungen im Muskel beschränken sich nicht nur auf eine Massenzunahme und die bekannten, durch das Training hervorgerufenen chemischen Veränderungen, wie Vermehrung des Glykogens usw. Wir finden auch eine erhöhte Spannung und gesteigerte Reaktionsbereitschaft der kontraktilen Substanz und es ist möglich, daß auch eine Verkürzung bestimmter Muskeln gegenüber normalen

Verhältnissen vorliegt. So kann es im Lauf der Zeit wohl zu einer Veränderung der einseitig überanstrengten Muskulatur kommen, die in einer Hypertrophie, Spannungserhöhung und Herabsetzung der Dehnbarkeit besteht. Es entsteht ein latentes Mißverhältnis der Bestandteile des Bewegungsapparates, eine relative dynamische Insuffizienz des Knochens und bei irgendeiner unglücklichen Bewegungskombination - wenn diese veränderten Muskeln während einer starken Kontraktion auch extrem gedehnt werden - wird die latente dynamische Insuffizienz des Knochens manifest. Es kommt zur Zerreißung des Knochens bei einer Bewegung, die ein normaler Mensch mit unveränderter Muskulatur ohne weiteres ganz schadlos hätte ausführen können. So liegen die Verhältnisse in unserem Fall."

Eine etwas ausgefallene Begebenheit sei an dieser Stelle kurz angeführt.

O t t e n (123) beobachtete eine intrauterine symmetrische Spontanfraktur beider Oberschenkel, wobei auch die Sektion eine Klärung dieses Ereignisses nicht bringen konnte. Im Zentralblatt für Chirurgie 1941 steht: "Bericht über eine intrauterine Spontanfraktur beider Oberschenkel im oberen Drittel mit Dislokation der Bruchstücke des rechten Oberschenkels, während links nur eine Infraktion erkennbar ist. Bei dem übertragenen Kind wurde die Geburt künstlich eingeleitet. Entstehung der Fraktur während der Geburt ist unmöglich."
Es fanden sich keinerlei pathologische Veränderungen an den Knochen. Eine Erklärung über die Ursache dieser Verletzung konnte weder beim Autor noch in der Literatur gefunden werden. Die Möglichkeit einer Muskelzugverletzung mag dahingestellt bleiben.

4.) Tibia

Indirekte Frakturen der Tibia sind äußerst seltene Verletzungen. In der Literatur konnte lediglich eine Veröffentlichung von A s a l (124) gefunden werden, der berichtet, daß sich ein Soldat nach einem Langlauf auf ebener Erde die Tibia brach. Allerdings handelte es sich in diesem Fall um einen Überlastungsschaden am Knochen, also um sich ständig wiederholende Mikrotraumen, die erst in ihrer Summation über lange Sicht gesehen eine endgültige Fraktur an diesem massiven Knochen ermöglichten.

Auch von G u r l t (46) wurde über eine Tibiafraktur berichtet, des weiteren über vier Fälle, in denen es zu einer Fraktura cruris kam. Jedoch erscheint hier eine pathologische Vorschädigung der Knochen nicht sicher ausgeschlossen, so daß diese Fälle im Rahmen dieser Arbeit keine ausführliche Besprechung und in der Statistik keine Berücksichtigung finden können.

5.) tuberositas tibiae

Weit häufiger wird jedoch über Abrisse bzw. Brüche der tuberositas tibiae berichtet. Aber auch hier stellt sich die Frage, ob die zahlreichen, in der Literatur beschriebenen Fälle in dieser Übersicht erwähnt werden sollen, da man sich auf den Standpunkt stellen könnte, daß sich diese Verletzung zumeist an einem nicht völlig intakten Knochen ereignete. Die Tibia-Apophyse verknöchert nämlich durchschnittlich erst im zwanzigsten Lebensjahr voll-

ständig und so sind es zumeist junge Sportler unter zwanzig Jahren, die von diesem Trauma betroffen werden. Da jedoch diese Verletzung ebenso bei älteren Menschen beobachtet wurde und, wie sich aus dem folgenden noch ergeben wird, der Verletzungsmechanismus sowohl beim älteren wie auch beim jugendlichen Menschen vollkommen dergleiche ist, scheint es nicht von ausschlaggebender Bedeutung zu sein, ob eine vollständige Verknöcherung der Tibia-Apophyse stattgefunden hat oder nicht. Es seien daher die Fälle, die ältere Menschen betrafen an den Anfang gestellt und diejenigen, die man möglicherweise auch als Apophysiolyse auffassen könnte, im Anschluß kurz tabellarisch aufgeführt.

U n g l a u b e (125):

"Ein 57-jähriger Mann kam wegen eines erlittenen Fahrrad-Unfalles zur Behandlung. Er hatte sich am linken Bein wehgetan. Die Röntgenaufnahme ergab keine Zeichen einer frischen Knochenverletzung, dagegen einen Befund, der einer alten Abrißfraktur der tuberositas entsprach sowie möglicherweise einer stattgefundenen Tibiakopffraktur. Der Patient gab auch an, vor 13 Jahren einen Unfall erlitten zu haben. Er sei damals beim Abspringen von einem Lastwagen am Trittbrett hängengeblieben und auf das Knie gefallen. Er habe nicht mehr aufstehen können und sei mit dem Krankenwagen zur Klinik gebracht worden. Erst nach sechs Monaten sei er wieder arbeitsfähig geworden. Unterhalb der Knieschcibe über dem Schienbein sei jedoch ein knöchener Höcker zurückgeblieben, der vor dem Unfall nicht bestanden habe. Derselbe Patient kam fünf Monate nach dem Fahrrad-Unfall erneut zur Behandlung. Er war ausgeglitten, und zwar derart, daß das linke Knie angeblich übermäßig stark gebeugt wurde. Die nun durchgeführte

Röntgenaufnahme ergab eine vollständige Abrißfraktur der tuberositas."

S i s t a c h (126):

"49-jähriger Mann. Er wurde plötzlich von rückwärts von zwei Individuen gepackt, die ihn zu Boden werfen wollten. Trotz energischen Widerstandes, den er diesem Angriff und dem Falle, den er voraussah, entgegensetzte, fiel er endlich und konnte sich nicht erheben. Fisfraktur der tuberositas tibiae rechts."

P i t h a (127):

"Es handelt sich um einen älteren Kondukteur, der bei einem Sprung über eine Pfütze den Rand derselben nicht gut erreichte und, in Gefahr rückwärts zu fallen mit gewaltiger Anstrengung des quadriceps den nach rückwärts überschlagenen Körper aufrechthielt, worauf er unter lautem Krachen im Knie nach vorwärts zusammenstürzte. Abrißfraktur der tuberositas tibiae rechts."

S c h ö n b a u e r (128) veröffentlichte eine Aufstellung von neun Brüchen der Schienbeinrauhigkeit. Davon waren nur zwei Patienten jünger als 20 Jahre. Einer war 27, die übrigen älter als 40. Der Verfasser glaubt, sechsmal indirekte Mechanismen für die Verletzung verantwortlich machen zu müssen (eine genauere Beschreibung des Unfallherganges war nicht zugänglich).

Nr.	Autor	Alter	Art der Tätigkeit	Unfallhergang	Lok.
1	Thiel (129)	15	Sport	Beim Bockspringen	-
2	Winterstein (130)	17	Sport	Beim Absprung zum Hochsprung	-

Nr.	Autor		Alter	Art der Tätigkeit	Unfallhergang	Lok.
3	Wittek	(131)	jung	Sport	Beim Hochsprung	r
4	Wittek	(131)	derselbe 2 J. später	Sport	Derselbe wie vor zwei Jahren	l
5	Cerito	(132)	17	Sport	Beim Salto	-
6	Will	(133)	16	Sport	Beim Sprung übers Längspferd wollte der Patient seinen mißglückten Sprung noch korrigieren.	l
7	Abesser	(134)	16	Sport	Beim Absprung über das Seitpferd	-
8	Unglaube	(125)	16	Sport	Beim Absprung über den Bock	
9	Usland	(135)	-	Sport	Beim Bocksprung	-
10	Usland	(135)	-	Sport	Beim Dreisprung	-
11	Vogt	(136)	16	Sport	Glitt am Sprungbrett aus. Mit einer kräftigen Anstrengung gelang es ihm zwar sich vor dem Fallen zu halten aber er fühlte einen plötzlichen schmerzhaften Ruck im Knie	r
12	Sonntag	(137)	16	Sport	Fiel in dem Augenblick als er sich vom Sprungbrett abschnellte zu Boden, ohne sich erheben zu können.	-

Über den Frakturmechanismus wäre folgendes zu sagen: Man findet durchwegs dieselbe Situation, nämlich, daß der Verletzte, sei es beim Sport oder bei anderer Gelegenheit, während einer stark nach vorwärts beschleunigenden Bewegung zu straucheln drohte oder stürzte, sich diesem Sturz entgegenstemmte und ihn zu verhindern versuchte und somit sehr wahrscheinlich die Quadricepsmuskulatur in äußerste Anspannung versetzte. Diese Ereignisse traten plötzlich und unvermutet ein und es ist anzunehmen, daß sich dabei ein reflexartiges Geschehen abspielte, das durch seine Plötzlichkeit und Inkoordiniertheit geprägt ist.

W i l l (133) schreibt dazu folgendes: "Die Fraktur entsteht ausnahmslos durch plötzliche, sehr kräftige Kontraktionen des quadriceps bei gebeugtem Knie. Es liegt also eine indirekte Gewalteinwirkung vor. Der Streckapparat des Kniegelenkes, der sich bei der Beugung ohnehin unter erhöhter Spannung befindet, erfährt bei der krampfartigen Muskelkontraktion eine zusätzliche Belastung, die sich am verletzlichsten Punkt, der Synchondrose der tuberositas auswirkt."

S c h ö n b a u e r (128) ist der Meinung, daß von den Patienten häufig der eigentliche Abriß weniger als Trauma empfunden wird, da es unmittelbar darauf zu einem Sturz kommt, der häufig als weit schwerwiegender geschildert wird. Der Sturz ist jedoch in den meisten Fällen nur Folge der klinisch eindeutig gesicherten Abrißfraktur und nicht Ursache dieses Befundes. Zu beachten ist jedoch die Möglichkeit, daß es durch die überstarke Kontraktion des musculus quadriceps lediglich zu einem momentanen Teilabriß der tuberositas kommt und ein Schlag auf das, wie eine Bogensehne gespannte, ligamentum patelle erst der endgültige Abriß bewirkt wird. Es bleibt

somit der Beurteilung des einzelnen Falles überlassen, inwieweit äußere Gewalteinwirkungen in den Vordergrund oder mehr in den Hintergrund zu stellen sind.

Bei der Beurteilung, ob ein Abriß der tuberositas tibiae in die Kategorie der Muskelzugfrakturen eingeordnet werden kann oder nicht, ist es von wesentlicher Bedeutung, differentialdiagnostisch an eine sogenannte Osgood-Schlatter'sche Erkrankung zu denken. Es handelt sich dabei um eine Oszifikationsstörung in der Tibia-Apophyse zwischen dem 20. und 24. Lebensjahr, die meist als aseptische Nekrose aufgefaßt wird. Man kann diese Krankheit auch als chronische Form einer Muskelzugfraktur deuten, denn es kommt unter Entwicklung sogenannter Looser'scher Umbauzonen zur Entstehung oft mehrerer kleinerer abgesprengter Fragmente. S c h l a t t e r (138) selbst behauptet, daß bei der nach ihm benannten Krankheit ein Apophysenabriß vorliegt und belegt seine Ansicht durch seine mit Zuppinger angestellten Untersuchungen über die Knochenkerne des oberen Tibiaendes. Nach diesen erscheint beim Neugeborenen im oberen Tibiaende nur ein Knochenkern, der obere Epiphysenkern. Ein zweiter Knochenkern schiebt sich zwischen 7 und 15 Jahren zungenförmig zwischen den vorigen und die Diaphyse hinein, vorderer Epiphysenkern. Er verschmilzt mit der oberen Kernanlage zwischen 14 und 16 Jahren. Während dieser Zeit erscheint fast regelmäßig weiter abwärts ein kleiner Kern, der untere Epiphysenkern, der gewöhnlich vor dem 17. Jahre mit dem vorderen verwächst. Variationen sind natürlich möglich. Nach S c h l a t t e r (138) sind nun drei Abrißarten möglich.

1. Der verschmolzene und obere Kern wird abgerissen, was erst nach dem 16. Jahre im allgemeinen möglich ist.

2. Der Abriß der vorderen Anlage allein, was im Alter von 16 Jahren vorkommt.

3. Abriß des unteren Epiphysenkerns.

Durch chronische Muskelzugbelastung erfolgt nach heutiger Auffassung eine mikrotraumatische Schädigung des Knochenknorpelgewebes, welche einen locus minoris resistentiae darstellt und somit einen Abriß anläßlich eines einmaligen gewaltsamen Ereignisses ermöglicht oder zu einer chronischen Schwellung, Schmerzhaftigkeit und aseptischen Entzündung führt.

6.) Patella

Nach der Abrißfraktur der tuberositas tibiae soll hier die Muskelzugfrakturen an der Patella besprochen werden, zumal da sich, besonders in bezug auf den Unfallhergang und auf den Frakturmechanismus gewisse Parallelen ergeben. Die Patellafraktur entsteht nämlich ebenfalls gewöhnlich so, daß der Körper einem drohenden Sturz zu begegnen sucht. Zu diesem Zweck werden sämtliche Muskeln des Körpers kontrahiert, besonders die des betreffenden Beines. Letztere so, daß es in halber Beugung festgestellt ist. Nun erfolgt ein letzter Impuls, der vom fallenden Körper ausgeht. Infolge dieses letzten Impulses wird eine Stelle des gesamten Systems überbeansprucht, das ist in diesem Falle die Kniescheibe. M a y d l (22) hat in seiner Veröffentlichung über subcutane Muskel- und Sehnenzerrungen sowie Rißfrakturen einige derartige Fälle zusammengestellt.

1. Fall - Boyer

Ein Kutscher erhebt sich vom Sitz - Fraktur der Patella.

2. Fall - Fielding

Eine Frau will einen schweren Korb heben - Fraktur der Patella.

3. Fall - Malgaigne

Fraktur der Patella beim Austeilen eines Fußtrittes.

4. Fall - Malgaigne

Ein Tänzer hört während eines Kreuzsprunges ein Krachen und fällt nach einigen Schritten rückwärts zu Boden - Fraktur der Patella.

5. Fall - Bichat

Soldat will Sergeant einen Fußtritt geben - Fraktur der Patella.

6. Fall - Hevin

Tänzer will sich mit Gewalt in die Luft erheben - Fraktur der Patella.

7. Fall - Bichat

Ein Steinkranker bricht sich in einem Anfall von Konvulsionen infolge eines Steinschnittes beide Kniescheiben.

8. Fall - Desault

Krampfanfall nach Steinoperation - Fraktur beider Patellae.

9. Fall - Hamilton

Ein Mann versuchte auf einen Kran zu springen, indem er den Körper an seinen auf dem Boden des Fuhrwerks gestemmten Händen zu heben suchte.

10. Fall - Hamilton

Fehltritt auf einer Treppe.

11. Fall - Norman

Ein 37-jähriger Mann trug einen schweren Sack, rutschte aus, während er sich zu halten suchte, wurde er mit Gewalt in die knickende Stellung niedergedrückt - Querfraktur der Patella.

12. Fall - Marcy

Eine 38-jährige Frau, 170 bis 180 Pfund schwer, übertritt einen Randstein auf der Straße und zieht sich dabei eine Patellafraktur zu.

M a y d l (22) schreibt weiter, daß verhältnismäßig viele Patellarfrakturen durch Muskelzug beidseitig simultan vorkommen. Erklärung: Die Bedingungen zu einer Rißfraktur werden durch heftige Bewegungen eingeleitet, die gleichmäßig beide Körperhälften betreffen, Z. B. Sprung mit geraden Füßen auf einen oder von einem hohen Gegenstand. Anstrengung zum Heben einer schweren Last. Heftige Konvulsionen usw. Die Altersangaben zu den hier angeführten Fällen sind nicht einzeln aufgeführt. Er schreibt, daß das Altersmaximum bei 30 bis 50 Jahren liegt. Das Altersmaximum des Abrisses des ligamentum patelle liegt eine Dekade höher. M a l g a i g n e (34) (22) schreibt über den Sitz der Fraktur in der Patella: "Wenn der Körper sich nach rückwärts wirft, um einen Fall zu vermeiden und

wenn die Extensoren sich zusammenziehen, um das Gleichgewicht zu behaupten, betreffe die Fraktur eher die untere Hälfte der Patella. Wenn die Muskelaktion die schon vollständige Extension des Unterschenkels zu forcieren trachtet, so würde sie den Knochen in seiner oberen Hälfte brechen."

Zur Ätiologie nimmt L o s s e n (139) folgende Stellungnahme: "Reißt eine plötzliche gewaltsame Kontraktion des quadriceps femoris die Patella über das gebeugte Knie nach oben, so gibt zuweilen der Knochen nach; es entsteht eine Fraktur der Kniescheibe."

In bezug auf die Ruptur des Patellarbandes sagt er: "Der Mechanismus ist der Gleiche wie bei der Fraktur der Kniescheibe. Auch hier liefert die gewaltsame Muskelaktion die Mehrzahl der Verletzungen. Die quere Abtrennung der Quadricepssehne an der Patella ist durch rasche plötzliche Muskelwirkung veranlaßt."

V o l k m a n n (140) schreibt folgendes: "Die gewöhnliche Ursache sind sehr heftige Muskelaktionen. Es kommt hier nur darauf an, was bei dem betreffenden Individuum weniger widerstandsfähig ist, der Knochen oder der Muskel oder die Sehne."

V o n P i t h a (141) : "Der Bruch der Kniescheibe entsteht infolge einer plötzlichen heftigen Kontraktion des quadriceps. Wie z. B. beim Straucheln, wenn man den fallenden Körper durch Kräfteanspannung des quadriceps aufrecht hält oder emporreißt, wie dies schon bei der Ruptur der Quadricepssehne erörtert wurde."

P i t h a bringt aber doch schon die Kraft des fallenden Körpers in Rechnung. Er löst den Mechanismus

bereits deutlich in zwei Momente auf: "Die Beugung des Knies wird hier nicht, wie gewöhnlich, durch Bewegung des Unterschenkels, sondern bei senkrecht stehender und festgestellter Tibia durch Herabbewegung des Femur - mit dem nach hinten überschlagenden Stamme - bewirkt. In diesem ersten Momente wird der Quadriceps und die größte passive Spannung über das gebeugte Knie versetzt. Gleich darauf folgt das zweite Moment - der größten aktiven Spannung durch den Wellenimpuls, den fallenden Stamm zu halten und vorwärts zu schleudern. Unter solchen Umständen wird die Patella übers Knie gebrochen.

G u s s e n b a u e r (142) nimmt folgendermaßen Stellung: "Hingegen kommen Zerreißungen des Knochengewebes durch einfache Muskelzusammenziehung nicht nur an pathologisch veränderten, sondern auch an normalen Knochen zur Beobachtung und ich brauche diesbezüglich nur an die Abreißung des processus coronoidus des Unterkiefers durch den muskulus temporalis, des olekranons durch den triceps brachii und der tuberositas calcanei durch den Gastrocnemius erinnern. Es ist das eine alte Gewohnheit, diese Knochenverletzungen mit unter die Knochenbrüche zu zählen, eine Gewohnheit, welche eigentlich ebensowenig zu rechtfertigen ist als es wäre, wenn man die Knochenwunden zu den Frakturen rechnen wollte."

H a m i l t o n (37) schreibt über seine Fälle, daß viele sogenannten indirekten Verletzungen des Gelenkes in Wirklichkeit Muskelzugfrakturen seien. Begründung: An der Leiche könne man durch direkte Gewalt keine Querfraktur der Patella erzeugen.
W e s t p h a l (22) und L o s s e n (22) unterstützen diese Ansicht: Auffallen auf das Knie sei nicht Ursache, sondern unmittelbare Folge der Riß-

fraktur. Wagner (64) hat auch für eine rein subaponeurotische Fraktur für eine fraktura vera patelle einen indirekten Entstehungsmechanismus aufgedeckt, nämlich ein heftiges Einknicken im Knie ohne gleichzeitigen Fall. Das ist aber sicher eine Ausnahme. Das Entscheidende für das Zustandekommen einer Kniescheibenfraktur ist die Überdehnung der quadricepssehne im weitesten Sinne. Diese Überdehnung kommt zustande 1. durch sehr starke und plötzliche Kontraktionen des muskulus quadriceps. Ob eine solche Kontraktion allein ausreicht, um einen Riß in der Quadricepssehne, beispielsweise einen Rißbruch der Patella zu erzeugen, erscheint zweifelhaft, wäre jedenfalls nur bei einer abnorm starken Innervation denkbar. In der Regel genügt die aktive Muskelkontraktion nicht. Es muß eine passive Überdehnung des quadriceps hinzukommen.

Malgaigne (34) der ebenfalls schon die Bedeutung der Quadricepskontraktion erkannt hatte, nahm als weiteres dehnendes Moment eine Kontraktion der Flexoren an und wollte die Kniescheibenbrüche aus einem Kampfe der Stecker und Beuger erklären. Nach der Auffassung Kästners (143) ist es richtiger, die passive Überdehnung des bereits aktiv gespannten quadriceps durch die Schwere des nach hinten überfallenden Körpers zustandekommen zu lassen. Hierbei kann es zu einem Einriß an irgend einer Stelle des Streckapparates kommen. Kästners (143) berichtet in seiner Veröffentlichung über Kniescheibenbrüche ihre Behandlung und Vorhersage: "An der hier ausgeführten Erklärung der Rißbrüche, die im wesentlichen schon von Hueter, Lossen und Maydl vertreten wurde, hat Walz Kritik geübt. Er war der Ansicht, daß der aktiv bereits angespannte quadriceps durch die Schwere des hinterfal-

lenden Körpers nur dann passiv überdehnt werden könnte, wenn beim Hintenüberfallen der Winkel zwischen Oberschenkel und Unterschenkel stetig verringert, das Knie also immer mehr gebeugt würde. Tatsächlich werde aber durch das Hintenüberfallen des Rumpfes auch der am Boden stehende Unterschenkel nach hinten gebogen, der Fuß plantar flectiert und so einer übermäßigen Beugung im Knie, die zu einer Überdehnung des quadriceps führen könnte, Einhalt getan. Am einfachsten liegen die Verhältnisse dann, wen das Hintenüberfallen des Oberkörpers bei fixiertem Unterschenkel oder Fuß vor sich geht, etwa wenn der Fuß zwischen den Sprossen einer Leiter eingeklemmt wird. Dann ist klar, daß beim Hintenüberfallen sich der Winkel zwischen Ober- und Unterschenkel ständig verkleinert. Aber auch bei nicht besonders fixiertem Unterschenkel kann es wenigstens in einer bestimmten Phase des Hintenüberfallens zu einer Beugung im Knie und darum zu einer Überdehnung der Quadricepssehne kommen. Dann wenn die Schwere des Oberkörpers diesem eine Beschleunigung nach hinten erteilt, so pflanzt sich die dadurch eingeleitete Bewegung nur dann ohne weiteres auf die unteren Extremitäten fort, wenn diese in Hüft- und Kniegelenk durch Muskelkontraktionen festgestellt sind. Diese Feststellung ist nun keineswegs gleich von vornherein da, sondern erfolgt doch meist erst reflektorisch, nachdem der Oberkörper seine Bewegung nach hinten eine Strecke fortgesetzt hat, wobei zweifellos eine Überstreckung in der Hüfte und Beugung im Knie unvermeidbar ist. Auch die alltägliche Erfahrung lehrt, daß ein Mensch, der etwa einen Stoß gegen die Brust erhält, nur in den seltensten Fällen wie ein steifer Sack umfällt, vielmehr pflanzt sich die Rückwärtsbewegung erst im Laufe einer freilich sehr kurzen Zeit vom Oberkörper auf die unteren Extremitäten fort.

Die von W a l z verlangte Annäherung zwischen Ober- und Unterschenkel tritt also tatsächlich vorübergehend in gewissem Grad ein. Es ist auch möglich, daß, wenn eine Annäherung nicht nachzuweisen wäre, doch mindestens der nach hinten fallende Oberkörper den aktiv gespannten quadriceps unter erhöhte Spannung setzen würde. Schon P i t h a betonte, daß die aktive Muskelkontraktion reflektorisch der passiven Überdehnung durch die Schwere folgt. Bei der Rißfraktur in Beugestellung handelt es sich nicht um eine reine Zugwirkung, vielmehr wird die Kniescheibe durch im Winkel zueinander stehende Zugwirkung der Quadricepssehne und des ligamentum patellae auf der Unterlage der Femurcondylen wie ein Stab abgebogen und auf Biegung beansprucht. Der Winkel, unter dem Quadricepssehne und Kniescheibenband angreifen, der sogenannte Patellarwinkel, wechselt nach v o n F r i t s c h zwischen 160° und 100°. Am größten ist er in Streckstellung, am kleinsten in der Beugung von 110°. Danach wäre die Biegungsbeanspruchung der Kniescheibe bei einem Beugegrad von 110° am größten. Jedoch liegt die Patella in dieser Stellung der Trochlea ziemlich breit auf und wird dadurch geschützt. Hingegen artikuliert sie bei einem Beugewinkel von etwa 150° bis 160° im wesentlichen nur auf der mehrfach erwähnten Querleiste. Der Kniescheibenwinkel beträgt hier etwa 130° bis 140° und entspricht einer schon erheblichen Biegungsbeanspruchung. Wir nehmen daher an, daß bei 150° Beugung die Möglichkeit eines Biegungsbruches am größten ist."

Die Biegungstheorie ist von B ä h r (38) angefochten worden. Sein Haupteinwand ist, daß die Patella nur bei Streckstellung über der Gelenkrolle der beiden Femurcondylen beweglich sei. Bei gebeugtem Knie sei sie dagegen fest an derVorderfläche der Condylen

fixiert. Daher sei eine Biegung der Kniescheibe undenkbar.

K ä s t n e r (143): "Daß Rißbrüche auch in Streckstellung zustandekommen, ist ebenfalls von B ä h r bezweifelt worden. Wenn ein Mensch namentlich beim Abwärtsgehen zum Straucheln kommt, so kontrahiert er seine Streckmuskulatur, um sich zu halten und wirft, um nicht nach vorne zu fallen, seinen Rumpf nach hinten. Es kommt hier zu einer Überdehnung des quadriceps, die durch reine Zugwirkung zu einem Rißbruch der Kniescheibe führen kann.
Angeborener Hochstand der Kniescheibe ist im Auftreten eines Biegungsbruches weniger günstig als eine tiefstehende Patella. Eine abnorm breite und dicke Kniescheibe ist gegen eine Biegungszerreißung besser geschützt, eine abnorm lange, ihr besonders ausgesetzt. Die Häufigkeit der indirekten Brüche berechnete ich aus der Literatur nach den Angaben von 20 Autoren auf 28,7 % aller Kniescheibenbrüche."

Nach der Auffassung von K a p e l (144) begünstigt eine leichte Flexionsstellung im Kniegelenk die Fraktur der Patella, da die Patella hierbei über den Femurcondylus gebrochen wird wie ein Zweig über das Knie. "Bei Streckstellung des Knies wirkt beim Zug überall dieselbe Kraft. Die Ruptur wird an der schwächsten Stelle, d. h. am Übergang Knochen in fibröses Gewebe eintreten. Als Hauptgrund für die häufigen Zerreißungen ist die starke Quadricepsmuskulatur anzusehen."

Welche Rolle der Beugezustand des Kniegelenkes beim Zustandekommen der einzelnen Verletzungen spielt, hat W a l z (145) näher erklärt:

"1. Bei ungleichseitigem Muskelzug entsteht die Muskelruptur.

2. Bei gleichzeitiger Muskelkontraktion entsteht

a) bei gestrecktem Knie am häufigsten die Luxation, teils durch einen Zug, teils durch Biegung um den condylus externus, die fraktura patelle selten, teilweise durch Hebelwirkung zerreißen die sehnigen Teile

b) bei gebeugtem Knie am häufigsten die fraktura patelle infolge Hebelwirkung. Seltener, je nach Veränderung der Lage der Hebelarme die Zerreißung des ligaments oder der Sehne."

7.) Capitulum fibulae

Abrißfrakturen des Capitulum fibulae durch Muskelzug sind als ausgesprochene Seltenheit zu bezeichnen. G u r l t (46) hat zwar in seinem Handbuch der Lehre von den Knochenbrüchen drei derartige Fälle beschrieben, es ist jedoch nicht sicher, ob es sich dabei um tatsächlich unvorhergeschädigte Knochen gehandelt hat. In der Literatur konnten lediglich zwei derartige Fälle gefunden werden.

M a y d l (22) : Ein Soldat stürzt vom Pferd, linke Ferse des Reiters gräbt sich in weichen Boden. Beim Versuch, den Fuß freizubekommen und vom Pferd loszukommen, verspürte er einen heftigen Schmerz und Krachen im Knie. "Es konnte keinem Zufall unterliegen, daß lebhafte Kontraktionen des passiv durch Steckung gedehnten bizeps bei fixiertem Unterschenkel das Wadenbeinköpfchen abgerissen hatte."

B ö h l e r (146) : "Beim Skilauf fiel ein Patient auf die linke Schulter, wobei das rechte feststehende Bein nach außen gebogen wurde. Dabei riß das Capitulum fibulae ab. Befund: Lähmung des Nervus peronaeus; durch sehr enge Lagebeziehung zum Capitulum fibulae verständlich. Diese Fraktur kam durch passive Überdehnung des muskulus bizeps femoris beim Sturz zustande." Weitere Angaben über diesen Fall fehlen.

8.) Calcaneus

Da ein derartig kräftiges Muskelpaket wie es der Triceps surae darstellt, am Calcaneus ansetzt, erscheint es nicht verwunderlich, daß Abrißfrakturen auch an diesem stark exponierten Knochenteil beschrieben wurden. Der Rißbruch des Calcaneus entsteht durch Zug des Triceps, und zwar häufig durch plötzliche starke Dorsalflexion im oberen Sprunggelenk bei gestrecktem Knie. Sie kann aber auch als passive Abrißfraktur durch heftigen Schlag auf die Achillessehne entstehen.

M a t t i (19) schreibt über dieses Thema: "Rißfrakturen am Ansatz der Achillessehne verlaufen verschieden schräg von der Rückfläche des tuber nach der oberen corticalis. Die reinen Rißbrüche entstehen stets durch eine inkoordinierte Kontraktion des Triceps surae, wenn diese Muskelgruppe bei einem Sprung auf den Vorderteil der Fußsohle oder bei einem Fehltritt zur Erhaltung des Gleichgewichts plötzlich in Aktion tritt."

M a y d l (22) hat in einer Veröffentlichung eine Reihe von derartigen Fällen zusammengestellt:

1. G a r e n g e o t

"Ein Mann stürzte und brach sich den hinteren Teil des Fersenbeines. Nach der Äußerung von J. L. Petit sei die Fraktur durch Retraktion der Achillessehne entstanden."

2. P e t i t

"Eine Frau brach sich den hinteren Teil des Fersenbeines durch heftige Zusammenziehung der Achillessehne bei einem Fehltritt."

3. R i c h e r a n d

"Abriß des hinteren Fragmentes bei einem Fall von einer Höhe auf die Fußspitzen."

4. A. C o o p e r

"Fraktur bei heftiger Anstrengung, sich während des Falles zu stützen."

5. v. d. L e e

"Eine Frau brach sich das Fersenbein; beim Überschreiten eines Rinnsteines geriet die Patientin mit dem Fuß in denselben und fiel hin."

6. A r m i g n o n

"Eine 42-jährige Frau tat einen Fehltritt einen halben Meter tief, fiel nicht um, ging ohne Unterstützung nach Hause."

M a y d l (22) nimmt dazu folgendermaßen Stellung: "In allen Fällen betrifft die Rißfraktur die hinteren Anteile des Knochens. Abriß der ganzen oder partiellen Inplantationsstelle der Achillessehne. Bei der Betrachtung des Verletzungsvorganges ergeben sich bei-

nahe dieselben Momente wie bei der Zerreißung der Achillessehne: Sprung oder Fall auf die Fußspitzen, sich erheben von einem Stuhl, Fehltritte, Ausgleichen mit folgenden Bemühungen, den Körper aufrecht zu halten, was eine Streckung des ganzen Körpers gegen den Fuß allein erfordert, da der Fuß in einer Gosse, einem Rinnstein oder in einer Vertiefung fixiert war.
Auch hier sind zwei Faktoren ausschlaggebend:

1.) Gewollte oder reflektorische Muskelaktion (meist unzulänglich).

2.) Überwunden durch eine im Körpergewicht (selbst oder noch durch die Fallgeschwindigkeit vermehrt) gelegene Kraft."

Einen weiteren derartigen Fall beobachtete Wilhelm W a g n e r (64) :

"34-jähriger Musiker W. Sch. der im Oktober 1928 an einer progressiven Paralyse erkrankte. Im Verlaufe der Krankheit Behandlung und Malariaimpfung; starke Aufregungs- und Tobsuchtsanfälle in der Anstalt, so daß er im Gitterbett gehalten werden mußte. Eines morgens nach einem schweren Aufregungsanfall wird eine starke Schwellung und blaurote Verfärbung der rechten Fersengegend festgestellt. Die Konfiguration des Fersenbeines ist verändert. Die Röntgenaufnahme zeigt daher eine Horizontalfraktur des Fersenbeines.
In diesem Falle handelt es sich um eine Horizontalfraktur des Calcaneus durch Muskelzug, die durch überstarke ungehemmte Kontraktionen des muskulus triceps surae verursacht wurde. Bei Abrißfrakturen am Calcaneus läuft die Bruchlinie entweder direkt parallel der oberen Calcaneusbegrenzung oder ver-

schieden schräg von hinten nach vorne. Durch die Kontinuitätstrennung verliert die Achillessehne ihren festen Halt und so kommt es infolge der Muskelkontraktion zu einem tierflügelartigen Umklappen des oberen Fragments nach oben, wie es auf der Röntgenplatte gut sichtbar ist."

Viktor S t r u p p l e r (147) veröffentlicht im Archiv für Orthopädie und Unfallchirurgie 1931 eine Ausführliche Stellungnahme über die Entstehung des Fersenbeinabrißbruches. Zuerst seien seine beiden Fälle erwähnt:

1. "Im Juli 1937 haben wir in Bruns Beiträge über einen Abrißbruch am Fersenbein berichtet. Er ereignete sich bei einem Arbeiter, der auf einer zusammenbrechenden Leiter stand, ohne daß dabei der Verletzte auf den Boden fiel oder stärker mit der Ferse irgendwo gegenschlug. Nach Sichtung des Schrifttums und nach anatomischen Überlegungen kamen wir zu dem Schluß, daß entgegen einer häufig vertretenen Meinung, Abrißbrüche am Fersenbein durch Sehnenzug wohl vorkommen, aber eher bei Streckung des Fußes nach fußrückenwärts eintreten. Eine neuere Beobachtung zwingt uns aber, diesen unseren früheren Standpunkt im Hinblick auf die Entstehungsweise etwas zu ändern.

   Fall: Ein 42-jähriger, ziemlich dickleibiger, 85 kg schwerer Mann, hatte sich beim Turnen eine Verletzung an seiner rechten Ferse zugezogen. An einem Sportnachmittag wollte er nämlich wie die Kinder über ein Schleuderseil springen. Er stand in Turnschuhen ohne Absatz auf ebenem Boden. Schon beim Wegschnellen vom Boden aus einer ganz leichten Kniebeugestellung verspürte er, wie er meinte, einen Knacks im Fußgelenk. Er kam nicht mehr zum

Sprung. Obwohl er anfangs keine Schmerzen hatte, konnte er dennoch nicht mehr mit dem rechten Fuß auftreten. Das Röntgenbild zeigte einen klassischen Entenschnabelbruch des rechten tuber calcanei.

Die Entstehung des Bruches allein durch den Zug der Achillessehne ist bei unserer Beobachtung vollkommen klar. Unsere früher vertretene Ansicht, daß Rißfrakturen des Fersenbeinhöckers wohl eher bei Streckung des Fußes nach fußrückenwärts auftreten, da die abscherende Wirkung der Achillessehnenfaserzüge im Knochengerüst des Fersenbeines dabei eine stärkere ist, müssen wir nach unserer neuen Beobachtung etwas einschränken. Der Absprung erfolgte in unserem zweiten Falle aus dem Stand, allerdings in leichter Kniebeuge und entsprechend geringerer Dorsalflexion der Füße. Bei unserer früher mitgeteilten Beobachtung hat viel die Schreckwirkung des drohenden Falles durch den Bruch der Leiterholme zu der übermäßigen Anspannung der Wadenmuskulatur im Sinne einer Abwehrbewegung beigetragen. Ferner die Wucht des fallenden, mit einer Last beschwerten Körpers. Bei unserem jetzigen Fall kann als Erklärung nur eine willkürliche, überstarke inkoordinierte Betätigung des triceps surae im Augenblick des Hochschnellens herangezogen werden. Eine organische Nervenerkrankung Lues oder Arteriosklerose konnte mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

Die Klinik Magnus hat Rißbrüche am Fersenbein stets als seltene, aber durchaus mögliche Bruchformen anerkannt. Magnus erwähnt den Abrißbruch des tuber: Die Klinik steht damit im Gegensatz zur Ansicht Tietzes und zur Verths, der sich auch Böhler anschließt. Sie halten die Entstehung der sogenannten Abrißbrüche für falsch und glauben, daß es sich

immer um Stauchungsbrüche handle. Die Sehne habe keinerlei Verbindung mit dem oberen Teil des Fersenbeinhöckers. Eine Behauptung, die nach unseren Feststellungen ohne weiteres jedoch nur für das oberste Drittel des tuber calcanei zutrifft. Die Verschiebung des Bruchstückes nach oben werde nicht durch den Sehnenzug bedingt, sondern durch den Druck der vorbeiziehenden unversehrten Achillessehne." - "Eine ähnliche Meinung vertritt R a u h s , der zudem ganz klar sagt, daß der sogenannte Entenschnabelbruch kein Rißbruch sei, weil er außerhalb des Ansatzgebietes der Achillessehne liege. Es handle sich vielmehr um Randbrüche." -

"B ö h l e r bringt im 2. Band seiner letzten Auflage der Technik der Knochenbruchbehandlung wieder eine Zeichnung, die diese Ansicht näher erläutern soll. Er schreibt: "Rißbrüche durch den Zug der Achillessehne sind oft beschrieben worden. In Wirklichkeit kommen sie aber nicht vor."

B ö h l e r sah am oberen Ende des tuber calcanei unter seinen Fersenbeinbrüchen nur einen einzigen sogenannten Entenschnabelbruch, der aber dadurch zustandegekommen war, daß ein herabfallender Balken auf die Ferse eines knienden Arbeiters schlug, während der Vorfuß auf die Zehenballen am Boden gestützt war. B ö h l e r weist selbst darauf hin, daß das Röntgenbild einen Stauchungsbruch zeigt. Wir halten die Abbildungen von B ö h l e r , die schematisch die Dislokation des Bruchstückes am oberen Fersenbeinende zeigen, nur für diesen, von ihm beobachteten Falle für zutreffend. Eine Verallgemeinerung für alle Brüche, die den Fersenbeinhöcker betreffen, darf aber dieser Befund nicht erfahren. Die Achillessehne ist ein straffes Band,

dessen Länge sich nicht verändern kann. Wenn die Art der Verschiebung des Bruchstückes beim sogenannten Entenschnabelbruch tatsächlich immer so vor sich ginge, wie es im Schema gezeichnet ist, so müßte das untere Ende der Achillessehne dehnbar und elastisch sein. In unserem Fall hat sich das Bruckstück in keiner Weise bei stärkster Plantarbeugung des Fußes und Beugung im Kniegelenk gegen das Fersenbein bringen lassen. Zweifellos ist es richtig, daß bei Brüchen, die nur die oberste Ecke des tuber calcanei betreffen, die Achillessehne nicht mit im Spiel sein kann. Wenn aber tiefer unten gelegene Knochenpartien mitbetroffen sind und eine Stauchung auf das Fersenbein nicht stattgefunden hat, so muß es sich um Rißbrüche durch Sehnenzug handeln."

S t r u p p l e r (147) führt gegen die Theorie, daß die Entenschnabelfraktur durch den Druck der Achillessehne zustande käme und keine Abrißfraktur sei, noch folgendes Argument ins Feld: "Bei bloßer Abstauchung und Verlagerung des Bruchstückes beim Entenschnabelbruch des Fersenbeines durch Sehnendruck können ja Hautschäden, in dem Maße, wie sie beobachtet wurden, gar nicht zustandekommen, da die unversehrte Achillessehne die darüberliegende Haut vor einer Anspießung durch die scharfe Knochenkante zuverlässig schützen würde. Ferner müßte außerdem die Achillessehne in ihrem körperfernen Teil elastisch sein, wenn sie unzerrissen die Bruchkante mit in die Höhe nehmen sollte."

9.) Tuberositas metatarsalis V

Durch plötzliche Kontraktion des muskulus peronaeus brevis kann es bei in Supination fixierten Fuß zum Abriß der tuberositas metatarsalis V kommen. Dieser

Meinung sind T h o r p e (148) und S c h ü t z (149). K o c h (150) beschreibt einen Fall etwas ausführlicher:

"Ein 28-jähriger Sportlehrer, auf den Fußspitzen stehend, wollte einen hochfliegenden Tennisball abfangen. Beim nochmaligen Hochschnellen ereignete sich die Abrißfraktur durch übermäßige ruckartige Kontraktion des muskulus peronaeus brevis und gleichzeitige Belastung durch den Körper, die eine Pronation des Fußes verhinderte. In dieser Fraktur durch Muskelzug haben wir also eine reine Sportverletzung vor uns, die nach Schütz auch als Epiphysiolyse auftreten kann durch maximale ruckartige Kontraktion des abreißenden Muskels entsteht. Der Erfolg der Kontraktion, die Hemmung des lateralen Fußrandes, bleibt aus, daß die den Fuß in seiner eingenommenen Stellung fixierenden Kräfte muskulus tibialis anterior und Körpergewicht größer sind als die Zugkräfte des muskulus peronaeus brevis."

III.) Überlegungen zur Ätiologie der Muskelzugfrakturen

Nach dieser ausführlichen Darstellung der einzelnen Formen von Muskelzugfrakturen soll nun eine Übersicht über die verschiedenen Meinungen betreffend Zustandekommen dieser Verletzungsform folgen. Dabei lassen sich im wesentlichen zwei große Gruppen unterscheiden: Ein Teil der Autoren erklärt diese Frakturen auf rein muskelphysiologischer bzw. mechanischer Ebene, ein anderer Teil sucht die Erklärung hierfür in neurologischen Störungen im weitesten Sinne. Ganz allgemein sei gesagt, daß die Wirkung des Muskels auf den Knochen während der Kontraktion den Hebelgesetzen ent-

spricht. "Die Wirkung einer Kraft oder Last auf einen Hebel wird ausgedrückt durch das statische- oder Drehmoment der Kraft oder Last: Das Produkt aus der Größe der Kraft oder Last und dem senkrechten Abstand ihrer Richtung vom Drehpunkt des Hebels. Bei der Wirkung von Last und Kraft auf einen Hebel ist Gleichgewicht vorhanden, wenn ihre statischen Momente gleich sind. Wird ein Knochen von einem Muskel bewegt, so ändert sich bei den verschiedenen Stellungen des Knochens auch die Richtung des Muskelzuges zu demselben und damit der Abstand vom Gelenk. Die Kraft, mit welcher der Muskel auf den Knochen einwirkt, wird also je nach der Stellung desselben verschieden groß sein. Die Kraft, mit der der Muskel bewegend auf den Knochen einwirkt, wäre nun nach den Hebelgesetzen am größten, wenn die Richtung des Muskelzuges senkrecht auf die Richtung des Knochens steht" (L a n d o i s - R o s e m a n n (151)).
In diesem rein mechanischen Sinne erklärt A r n o l d (39) die Muskelzugfraktur des humerus einfach als dadurch entstanden, daß allein durch eine falsche Wurftechnik ein derartiges Drehmoment im Oberarm auftritt, dem der Knochen nicht mehr gewachsen sein kann. Unter normalen Bedingungen ist jedoch unser Skelettsystem auch extrem abnormen Belastungen gewachsen. Damit es dennoch zu einer solchen Fraktur kommen kann, muß sich also entweder die Muskulatur oder der Knochen in einem außergewöhnlichen Zustand befinden. Grundforderung für alle Fälle, die in dieser Arbeit erwähnt werden, ist, wie eingangs schon ausgeführt, die vollständige Integrität des Knochensystems. So kommt also als zweite Möglichkeit ein abnormer Kontraktionszustand der Muskulatur infrage. Von K r a i n z (17) tendiert in seiner Arbeit über die Spontanfrakturen des Oberarmes beim Handgranatenwurf eher zu der Meinung B a e t z n e r s (152) , daß durch eine häufige überphysiologische Beanspruchung des Knochens das Knochenmaterial ermüdet und sich daraus strukturelle Veränderungen des Knochens im Sinne von Mikrotraumen ergeben. Der Bruch entstehe dann an der Stelle der stärksten

Schädigung und stärksten Beanspruchung. Jedoch mußte von K r a i n z (17) zugestehen, daß er derartige Veränderungen am Knochen in seinem Falle nicht nachweisen konnte. So vertritt er bei der weiteren Besprechung der Ursachen dieser Fraktur schließlich dann folgende Meinung: " So wird der durch die Kontraktion des muskulus trizeps sowie dem Gewicht des Oberarmes und der Handgranate im dorsalen Sinne beanspruchte Oberarmknochen durch die am Scheitel der gedachten Konvexität des Oberarmes angreifenden, entgegengesetzt wirkenden Muskelkraft des muskulus pectoralis major und anderer Muskeln infolge des Mißverhältnisses zwischen Muskelkraft und Knochenfestigkeit zerrissen." Eine ganze Reihe anderer Autoren schuldigen das Mißverhältnis zwischen Muskelkraft und Knochenfestigkeit als letztliche Ursache an. P i r k e r (122) sagt hier ganz entschieden: "Ob dieser Knochen nunnormal ist oder nicht, es besteht ein Mißverhältnis zwischen Muskulatur und Knochen und dieses Mißverhältnis ist die Ursache für die Verletzung." Er wendet sich für den von ihm beschriebenen Fall eindeutig von der Theorie einer Koordinationsstörung ab und sieht die Schuld in einer Veränderung des Gewebes. Entweder sei der Muskel zu stark oder der Knochen zu schwach. In seinem Fall habe er bei dem Athleten eine äußerst starke Muskulatur vorgefunden: "Die Veränderungen im Muskel beschränken sich nicht nur auf eine Massenzunahme und die bekannten, durch das Training hervorgerufenen chemischen Veränderungen, wie Vermehrung des Glykogens usw. Wir finden auch eine erhöhte Spannung und eine gesteigerte Reaktionsbereitschaft der kontraktilen Substanz und es ist möglich, daß auch eine Verkürzung bestimmter Muskeln gegenüber normalen Verhältnissen vorliegt. So kann es im Laufe der Zeit wohl zu einer Veränderung der einseitig überanstrengten Muskulatur kommen, die in einer Hypertrophie Spannungserhöhung und Herabsetzung der Dehnbarkeit besteht. Es entsteht ein latentes Mißverhältnis der Bestandteile des Bewegungsapparates, eine relative dynamische Insuffizienz des Knochens. Und bei irgendeiner unglücklichen

Bewegungskombination, wenn diese veränderten Muskeln während einer starken Kontraktion auch extrem gedehnt werden, wird die latente dynamische Insuffizienz des Knochens manifest. Es kommt zur Zerreißung des Knochens bei einer Bewegung, die ein normaler Mensch mit unveränderter Muskulatur ohne weiteres ganz schadlos hätte ausführen können."

Ebenso wie P i r k e r (122) ist B u r k h a r d (12) der Meinung, daß eine Koordinationsstörung nicht unbedingt erforderlich sein muß und daß darüber hinaus eine blitzschnelle reflexartige Kontraktion, die eine Fehlsteuerung der Muskulatur beinhalten könnte, nicht unbedingt Voraussetzung für eine Muskelzugfraktur sein muß: "Für das Zustandekommen der Fraktur wären blitzschnelle Kontraktionen gar nicht nötig. Natürlich spielt sich bei solchen Vorkommen alles blitzschnell ab, aber das ist für unser Thema belanglos." B u r k h a r d (12) spricht vom sogenannten "letzten Impuls". Er betrachtet den Körper als gesamtes mechanisches System, das durch den sogenannten letzten Impuls aus dem Gleichgewicht gebracht wird: " Wir betrachten das gesamte mechanische System des Körpers in dem Augenblick, der unmittelbar dem Beginn der Katastrophe vorangeht. Alle Muskeln sind in bestimmter Weise kontrahiert. Für diesen sehr kurzen Augenblick kann der Körper als ein stationärer, nicht bewegter, ruhender Zustand angesehen werden. Daher kann dieser Zustand so in den Modellen dargestellt werden, daß die Muskeln durch kontraktile Fäden ersetzt werden, welche dieselbe Spannung aufweisen, wie die Muskeln im jeweiligen Kontraktionsgrad. Dieses System erhält nun von irgendwoher einen letzten Impuls. Wird es an einer Stelle überbeansprucht, so entsteht hier eine Fraktur. Die Dinge sind genau dieselben wie bei der Fraktur eines Stabes, nur daß in unserem Falle an Stelle des einfachen Verhaltens des Stabes ein komplizierter, in seiner Mechanik schwierig (vollständig überhaupt nicht) kontrollierbares System tritt."

Unter letzten Impuls versteht B u r k h a r d (12) z. B. die Bewegungsenergie des fallenden Körpers als Ursache für Patellarfrakturen. Das Bein befindet sich in einer bestimmten Stellung, die Muskulatur in einem bestimmten Kontraktionszustand. Der letzte Impuls geht von dem fallenden Körper aus, der dieses System an einer Stelle überbeansprucht, in dem Fall an der Kniescheibe. Daß nicht nur ein einzelner Muskel oder ein einzelner Knochen, sondern der Körper als ein System zu betrachten ist, betont auch P a y r (153). Er nennt dieses System die kinetische Kette: "Ich verstehe unter kinetischer Kette die Gesamtheit aller, für die willkürlichen Bewegungen von Körperteilen maßgeblichen, Energien schaffenden, sie fortleitenden und zur mechanischen Auswirkung an den Erfolgsorganen führenden, aber auch über die erfolgte Lageveränderung ihr Ausmaß über Kraftleistung und Betriebseinstellung Aufschluß und Gegenbefehl gebenden Organe und Organsysteme und der ihnen zukommenden Leistungen. Nur das harmonische Zusammenspiel aller gewährleistet normalen Funktionsablauf. In jedem kann eine Störung einsetzen. Daraus ergibt sich, daß bei der Behandlung alle berücksichtigt werden müssen."

Auch A s c h e r (84) , der ausführlich über die neurophysiologischen Grundlagen der Koordinationsstörungen schreibt, ist der Meinung, daß die Inkoordiniertheit der Bewegung nicht in jedem Falle als Ursache zu betrachten ist: "Die Aufgabe selbst ist es, die ein Höchstmaß von Energieaufwand verlangt und im Hinblick auf diese spezielle Aufgabe sehe ich die Arbeitsleistung als vollkommen koordiniert an. Der springende Punkt ist eben hier nicht bloß eine Frage der Koordination, sondern das bestehende Mißverhältnis zwischen der gestellten Aufgabe und der Beanspruchungsgrenze der Gewebes."

Häufig wird als Ursache für derartige Verletzungen zuviel oder zuwenig Training angegeben. H u b e r (45) meint, daß die Fraktur der ersten Rippe dadurch entstehe, daß ungeschulte Sportler und Arbeiter ihre Muskeln noch nicht entsprechend in der Gewalt haben bzw., daß sie sie vor allem nicht im geeigneten Moment erschlaffen lassen können und sich so viel häufiger Frakturen ereignen als bei Trainierten. Sowohl K l e i n s c h m i d t (61) als auch W a g n e r (64) behaupten, daß bei einer sportlichen Tätigkeit, z. B. beim Laufen, aufgrund mangelnden Trainings die hauptbeteiligte Muskulatur vorzeitig ermüde. Bei Ausfall dieser Muskulatur müßte der Körper in sich zusammenfallen; dies jedoch versuchen die normalerweise weniger angestrengten Hilfsmuskeln mit einer maximalen Kontraktion zu verhindern. Sie sind aber für die ihnen plötzlich gestellte Aufgabe insuffizient bzw. das System ist insuffizient, am locus minoris resistentiae, in dem Fall an der spina iliaca, erfolgte der Abriß.

K l e i n s c h m i d t (61) : "Mitbestimmend für das längste Durchhalten solcher Leistungen ist das Training. Wenn nun jugendliche Untrainierte sich solcher Wettkämpfe unterziehen, so besteht die Möglichkeit, daß die Muskulatur schon vor dem Ziel ermüdet ist, so daß weiteres Laufen unmöglich wird. Die solche Übungen ungewohnte Muskulatur, wie die Muskeln überhaupt, lassen sich nicht beliebig oft und gerade so schnell hintereinander bis zum äußersten Krafteinsatz treiben. Es kommt zu einem plötzlichen Versagen der besonders stark beanspruchten Muskeln, in unserem Falle sind es ileopsoas Rectus femoris tibialis anterior, die das Vorschwingen des Beines besorgen, dann die Rückwärtsstrecker glutaeus maximus,Biceps, semimembranosus, semitendinosus, gastrocnenius. Erst in zweiter Linie kommen Sartorius und tensor fasciae latae in Betracht. Neben ihrer eigentlichen Tätigkeit sind sie ja nur Hilfsmuskeln der Beuger. Sie werden bei solch starker Beanspruchung, wie

es das Laufen beim Wettkampf ist, wohl herangezogen werden, aber nicht in dem Maße, wie die oben erwähnten hauptbeteiligten Muskeln. Ihre Ermüdung wird deshalb nicht so schnell und nicht so vollständig eintreten. Wenn nun diese hauptbeteiligten Muskeln plötzlich versagen, so muß der Körper zusammenfallen. Doch reflexartig springen die übrigen, noch weniger in Anspruch genommen Muskeln ein, um die vom Willen beherrschte Leistung, hier das Laufen, weiterführen zu können. Dazu sind sie aber nicht kräftig genug. Es kommt zu einer plötzlichen Überbelastung des Sartorius und tensor."

Sowohl bei K l e i n s c h m i d t (61) wie auch bei W a g n e r (64) klingen bereits Begriffe wie "reflexartig", "vom Willen beherrschte Leistung" und bei W a g n e r "plötzliche inkoordinierte Muskelkontraktion" an. B u r k h a r d (12) und P i r k e r (122), die beide die Materie bzw. das mechanische Moment in den Vordergrund ihrer Betrachtungen stellen, geben bereits zu bedenken, daß dieser Punkt nicht allein ausschlaggebend für das Zustandekommen einer Muskelzugfraktur sein kann. P i r k e r (122) spricht von drei Kardinalvoraussetzungen: Die Versteifungsinnervation, die Affektbetontheit und die Raschheit der Bewegung. Es sei angeblich kein Fall bekannt, in dem diese drei Bedingungen nicht erfüllt gewesen wären. In seiner Arbeit räumt er ohne weiteres die Möglichkeit von Innervationsstörungen ein. Er versucht jedoch, siehe oben, in den weiteren Ausführungen diesen Aspekt ganz außer acht zu lassen. Dies gelingt jedoch nicht ganz, was schon in dem Satz anklingt: "Und bei irgendeiner unglücklichen Bewegungskombination (!), wenn diese veränderten Muskeln während einer starken Kontraktion auch extrem gedehnt werden, wird die latente dynamische Insuffizienz des Knochens manifest." Auch B u r k h a r d (12) legt sich auf keine eingleisige Erklärungsweise fest: "Im übrigen ist diese Gruppe der sogenannten Muskelzugfrakturen etwas ganz uneinheitliches. Sie verdanken ihr Entstehen bald unzweckmäßigen Bewegungen,

bald dem Umstand, daß dem Körper etwas zugemutet wird, was er nicht leisten kann, wobei im übrigen die Bewegungen zweckmäßig sein können."

Eine zentrale Stellung bei dem Versuch erklären zu wollen, wie es denn möglich sein kann, daß ein gesunder Muskel einen gesunden Knochen zum Abbrechen bringen kann, nehmen zweifellos neurophysiologische Erwägungen ein. Dabei steht ständig der Begriff Koordination - inkoordinierte Bewegung im Mittelpunkt des Interesses.

P i r k e r (122) geht auf die Problematik dieses Begriffes näher ein: "Hier muß konstatiert werden, daß es sich bei unseren Betrachtungen nur um eine Koordination im Sinne F ö r s t e r s handeln kann. Koordiniert heißt beigeordnet und muß sich daher auf etwas beziehen. Die muskuläre Koordination kann sich immer nur auf die gestellte Aufgabe beziehen (Ascher). Wenn die Innervation der einzelnen Muskeln in bezug auf die auszuführende Bewegung, die zur Erreichung der geforderten Körperstellung notwendig ist, stimmt, dann war die Innervation koordiniert. Es ist darum notwendig, dies zu präzisieren, weil man auch auf die Idee kommen könnte, die Koordination in Beziehung zu anderen Momenten zu bringen, z. B. zur Leistungsfähigkeit des Gewebes. In diesem Sinne wäre die Bewegung in unserem Falle, da vollkommen unzweckmäßig, auch inkoordiniert.
Aber solche Auslegungen sind selbstverständlich ungehörig, wenn es sich um Koordinationen im neurophysiologischen Sinne handelt."
Das Wesen der Koordination besteht nun nach F ö r s t e r darin, daß jedem der Zahlreichen innervierten Muskeln die richtige Innervationsgröße zukommt. Die koordinierte Tätigkeit des Organismus besteht in der richtigen Wahl der Innervationsgrößen, wobei in jedem Moment der Sensibilität eine steuernde Funktion zukommt. Nach F ö r s t e r (154) kennzeichnen eine koordinierte Arbeitsleistung zwei Merkmale:

1. muß der Zweck der Bewegungen jede Einzelheit der Aufgabe erreicht werden.

2. muß der Effekt mit möglichst geringem Energieverbrauch zustandegebracht werden.

"Die Haupteigenschaft nun der cerebralen Koordination besteht in der richtigen und feineren Wahl der Innervationsgröße: Die sensiblen Merkmale spielen auch hier wieder (wie bei der spinalen Koordination) für die Hauptagonisten der Bewegung die Rolle eines innervationssistierenden Moments, sie beeinflussen die motorischen Hirnganglienzellen in negativem Sinne. Die Rinde wirkt wie eine feine Mikrometerschraube, dafür wirkt aber die, den spinalen Reflexbogen passierende Erregung rascher als die, durch die Großhirnrinde geleitete. Beide ergänzen sich also gegenseitig. Jede einzelne hat ihre Vorzüge und Nachteile. Das Rückenmark wirkt rasch, aber grob und automatisch. Das Gehirn langsamer, aber fein abgestuft und mit Wahl. Der cerebellare Koordinationsmechanismus ist um ein sensibles Element, das vestibulare, reicher, als das spinale. Darin also ist die cerebellare Koordination der des Rückenmarks überlegen. Im übrigen teilt sie mit dieser die rasche und sichere Wirkung. Aber es haftet ihr auch dasselbe Manko wie bei der spinalen Koordination an: Die Vorstellung des Effektes geht dem Kleinhirn ab und damit die Fähigkeit, die Impulse so zu bemessen, wie das Gehirn."

Nach F ö r s t e r (154) und A s c h e r (84) sind es also drei verschiedene neurologische Etagen, die eine koordinierte Bewegung bestimmen.

1. Die Großhirnrinde mit der feinen Regulation,

2. die subcorticalen Zentren, an deren Spitze das Cerebellum steht, verantwortlich für grob schematische Bewegungen,

3. als unterste Stufe, der spinale Reflexbogen.

Auf letzteres sei zuerst näher eingegangen. Bei B ü r k - l e d e l a C a m p (155) wird bei der Abhandlung über die Entstehung von geschlossenen Muskelrissen darauf hingewiesen, daß das Überraschtsein beim Ausgleiten maßgebend für die Auslösung der Verletzung sei. Dies würde dafür sprechen, daß bei einem unkontrolliert reflexartigen Geschehen die resultierende Muskelkontraktion stärker wäre, als bei dem Willen unterworfenen Muskelkontraktionen. Es ist bekannt, daß bei allen Bewegungen nicht nur die, die Bewegung auslösenden Muskeln in Aktion treten, sondern gleichzeitig die zugehörende Antagonistengruppe kontrollierend und bremsend eingreift. Dieser Wirkungsmechanismus könnte bei einem reinen Reflexgeschehen durchbrochen sein.
Nach der heute geltenden Meinung setzt sich ein Reflexbogen aus einem afferenten und einem efferenten Schenkel zusammen. Den afferenten Schenkel bilden Nervenfasern, die von bestimmten Rezeptoren ausgehen. Diese Rezeptoren sind im wesentlichen die Golgisehnenrezeptoren und die Muskelspindeln. Die letzteren sind parallel zu den Fasern der eigentlichen Arbeitsmuskulatur angeordnet. D en efferenten Teil bilden Alpha- und Gammamotoneurone. Die Neuriten der Alphamotoneurone versorgen die normale Skelettmuskulatur, also die Arbeitsmuskulatur, die man auch als extrafusale Muskulatur bezeichnet. Die Neuriten der Gammamotoneurone ziehen hingegen zu Fasern, die innerhalb der Muskelspindeln liegen, den sogenannten intrafusalen Muskelfasern. Diese Muskelspindeln registrieren Längenänderungen der extrafusalen Skelettmuskulatur. Das bedeutet, wenn am ganzen Muskel gezogen wird, dann ändert sich die Länge der intrafusalen Muskelfaser in der gleichen Richtung, wie die Länge der extrafusalen Muskulatur. Je stärker diese Muskulatur gedehnt wird, desto frequenter erfolgen die Entladungen im afferenten Teil, also in den Nervenfasern, die von diesen

Muskelspindeln ausgehen. Diese Entladungen erfolgen jedoch in geringerem Umfange auch dann, wenn der Muskel gar nicht gedehnt wird. Ursache hierfür ist die motorische Gammainnervation der Spindeln. Im Wachzustand wird dadurch die Muskelspindel laufend zu Kontraktionen angeregt, dabei wird die Äquatorialregion der Spindel gedehnt, dies meldet der afferente Teil sofort in gleichem Maße wie bei der Dehnung der extrafusalen Muskulatur. Die Gammamotoneurone stehen unter dauerndem supraspinalen Antrieb und sind für supraspinale Einflüsse wesentlich empfindlicher als die Alphamotoneurone. Das bedeutet, daß ein Reiz zu einer Bewegung nicht direkt zum Alphamotoneuron weitergeleitet wird, sondern erst die Gammamotoneurone trifft, diese reizt und damit die Muskelspindel aktiviert. Die Spindelafferenzen erregen wiederum die Alphamotoneurone, es kommt zur Kontraktion, damit ist der Reflexbogen geschlossen. Auf diese Weise steht dem zentralen Nervensystem möglicherweise über die sogenannte Gammaspindelschleife eine feinabstufbare Kontrolle der Innervation der Alphamotoneuronen zur Verfügung. Gammamotoneurone - Muskelspindel - Spindelafferenz - Alphamotoneuron - extrafusale Muskulatur ist also die einfachste Form eines Reflexbogens. Sie stellt jedoch lediglich ein Denkschema dar. In Wirklichkeit wird dieses noch relativ einfache System durch eine Vielzahl von Regulationsprinzipien gesteuert.

Nur ein Teil der afferenten Fasern zieht direkt in das Gebiet der motorischen Vorderwandzellen. Ein großer Teil wird durch sogenannte Interneurone im Rückenmark mit den motorischen Vorderwandzellen verbunden. Diese Interneurone unterscheiden sich von den Motoneuronen ganz erheblich in ihrer Funktionsweise. Sie stellen einen Erregungsspeicher dar, beantworten Einzelreize mit häufig sich wiederholenden Entladungen und zeigen zudem noch Spontanaktivität. Man kann ihnen ohne weiteres eine Verstärkerfunktion zuschreiben, wodurch je nach ihrer zielgerichteten Funktion ein Reflex in seiner Wirkung entweder gefördert oder verstärkt

gehemmt wird. Des weiteren trifft in der Regel nicht nur eine Nervenfaser auf eine Nervenzelle (dies wäre eine sogenannte monosynaptische Verbindung), sondern es können durchaus mehrere Fasern auf eine Zelle positiv oder negativ einwirken. Dies bezeichnet man als Konvergenz. Andererseits kann eine afferente Bahn durch Aufzweigungen auf sehr viele verschiedene Nervenzellen einwirken. Dies bezeichnet man als Divergenz. Trifft eine Nervenfaser auf ein Motoneuron und ist mit diesem synaptisch verbunden, so muß ein fortgeleiteter Reiz dort nicht unbedingt ein Aktionspotential auslösen. Bleibt der Reiz unterschwellig, so wird die postsynaptische Membran der Nervenzelle nur schwach depolarisiert; es erfolgt also ebenfalls eine unterschwellige Antwort auf diesen Reiz. Erfolgt eine zeitliche oder auch räumliche Summation mehrerer unterschwelliger Reize an dieser Nervenzelle, so kann schließlich ein Aktionspotential ausgelöst werden. Diese zunächst unterschwellige Erregung der Nervenzellmembran wird als exzitatorisch postsynaptisches Potential bezeichnet. Andererseits kann ein Reiz die postsynaptische Membran nicht nur depolarisieren, sie kann sie auch hyperpolarisieren. Daraus resultiert eine Verminderung der Empfindlichkeit dieser betroffenen Nervenzelle. Durch zeitliche oder räumliche Summation dieser Reize wird die Membran zunehmend unempfindlicher. Dieses Potential wird als inhibitorisches postsynaptisches Potential bezeichnet. Verbindet man nun die Möglichkeit der Divergenz mit der Möglichkeit eines exzitatorischen postsynaptischen Potentials, so ergibt sich folgendes: Ein ankommender Reiz kann nach dem Prinzip der Konvergenz auf eine ganze Gruppe von Motoneuronen verteilt werden, jedoch nur die zentral gelegenen Motoneuronen in dieser kegelförmigen Aufzweigung reagieren mit einem Aktionspotential. Die in der Peripherie des Reizwirkungsbereiches liegenden Motoneurone werden lediglich zu unterschwelligen Potentialen erregt. Erst durch Summation von mehreren Reizen, die auch

von anderen Nervenendigungen herstammen können, wird dort ein Aktionspotential ausgelöst. Sie sind sozusagen für weitere Reizeinwirkungen dadurch gebahnt. Natürlich gilt dasselbe Prinzip auch für hemmende Einflüsse. Man bezeichnet dies auch als Rekrutierung. Ein wichtiges Prinzip in der Physiologie des menschlichen Körpers ist die sogenannte Rückkoppelung. Das heißt, eine Funktion wird in dem Moment, in dem sie in Gang kommt, bereits von einem, von ihr selbst ausgelösten Mechanismus, gehemmt, damit diese Funktion in ihrer Intensität kontrolliert wird und kontrollierbar bleibt. Am Reflexbogen wurden oben schon einige dieser Hemmungsmechanismen erwähnt. Ein weiterer, äußerst wichtiger Mechanismus ist folgender: Ein Motoneuron wird durch afferente Impulse zur Entladung gebracht. Die von ihm ausgehenden Aktionspotentiale werden über das Axon weitergeleitet. Dieses Axon gibt jedoch bereits innerhalb des Rückenmarks Kollateralen ab, die auf eine bestimmte Art der bereits oben besprochenen Interneurone treffen, die sogenannten Renshaw Interneurone, deren Neuriten wiederum auf eben dieses Motoneuron hemmend einwirken. Der Reiz wird also sofort beantwortet, diese Antwort jedoch sofort reflexartig gehemmt. Dies bedeutet eine Regulation, die die Alphamotoneuronen direkt betrifft.

Dem Zentralnervensystem stehen durch die obengenannten Mechanismen eine enorme Zahl von Möglichkeiten zur Verfügung, nicht nur Reflexe zu kontrollieren, sondern auch die von oben her gegebenen Bewegungskommandos und deren Ausführung aufs Genaueste unter Kontrolle zu halten. Bezüglich der Bewegungsleistung besteht zwischen Großhirn und Kleinhirn eine gewisse funktionelle Abgrenzung.

L e w a n d o w s k i (156) : "Daß das Kleinhirn die Bewegung reguliert, in dem Teile, in dem die Bewegung nicht mehr von der Großhirnstufe des Bewußtseins kontrolliert werden kann, vorausgesetzt, daß es andere Funktionen gibt, die auch der Kleinhirnregulation nicht mehr bedürfen. Die

Wechselbeziehung zwischen Großhirn und Kleinhirn in der Norm muß wohl im wesentlichen so gedacht werden, daß das Großhirn gewissermaßen - soweit es nicht selbst reguliert - dem Kleinhirn die generelle Anweisung der Bewegung oder Haltung übermittelt und das Kleinhirn dann diese generelle Anweisung mit seinem eigenen - zentripetalen und zentrifugalen - Mitteln ausübt. Daß das Kleinhirn in der Norm eine irgend in Betracht kommende Spontaneität besitzt, erscheint sehr unwahrscheinlich. Daß das Großhirn seinerseits von der Tätigkeit des Kleinhirns unterrichtet wird, um im Falle des Versagens von dieser subcorticalen Regulation - soweit ihm möglich - selbst eingreifen zu können, ist sicher. Ob das in dieser Weise geschieht, daß das Kleinhirn dem Großhirn unmittelbar seine Tätigkeit meldet oder ob das Großhirn von der Tätigkeit des Kleinhirns erst auf dem Umwege über die Peripherie erfährt, ist eine Frage, die bisher kaum zu beantworten ist. Die Wege zwischen Großhirn und Kleinhirn und umgekehrt sind jedenfalls anatomisch völlig sichergestellt und durchsichtig." Der Koordination ist also das Cerebrum und das Cerebellum übergeordnet. Das Großhirn gibt dem Kleinhirn gewissermaßen Anweisungen, die es dann auszuführen hat. Bei plötzlichen äußeren Reizungen, die momentan vom Willen nicht erfaßt werden, kommt es zur Einschaltung des cerebellaren Reflexbogens, dem allerdings die letzte Feinheit der Regulation abgeht. Es kommt also zu einer groben reflexartigen Antwort, in deren Ablauf Muskelkontraktionen nicht so, wie unter der normalen, fein abgestuften, Kontrolle des Großhirns erfolgen. Da auch Hemmechanismen gebahnt werden müssen (siehe obige Ausführungen) und diese Bahnung dem Cerebrum unterworfen ist, kann man sich durchaus vorstellen, daß es bei Wegfall dieser diversen Hemmechanismen und bei einem grob reflexartigen Geschehen zu unkontrollierten, äußerst heftigen Muskelkontraktionen kommen kann. Hierzu kommt aber noch folgendes. A s c h e r (84) : "Gleichzeitig mit dem Ablauf des eben angeführten reflektorischen Geschehnisses wird

dem Cortex eine entsprechende Erregung zugeleitet. Es kommt zum Bewußtsein der Gefahr, zu einem starken Affekt. Wir haben früher von einem moderierenden abstufbaren Einfluß der cerebralen Koordination gehört (Vergleiche F ö r s t e r s (154) mit der Mikrometerschraube). Das Zuviel des spinalen und cerebellaren Reflexbogens soll durch sie gehemmt, die dem betreffenden Zwecke entsprechenden feinere Abstufung, gegeben werden. In unserem Falle handelt es sich jedoch um ein periculum in mora. Es muß alles herangezogen werden, um den Sturz des Körpers zu vermeiden. Im Momente des beginnenden Hinfallens gibt es kein Zuviel, das dagegen aufgewendet werden könnte. Die dem Bewußtsein sich stellende Aufgabe lautet: rascheste Wiederherstellung des bedrohten Gleichgewichtes, gleichsam um jeden Preis. Ein Maximum von Schnelligkeit und Kraftaufwand ist durch die Aufgabe gefordert. Im bildlichen Vergleiche könnte man sagen, der Schiffskapitän befiehlt bei drohendem Zusammenstoße Volldampf rückwärts. Auch auf die Gefahr hin, daß die Maschine zu Schaden komme. Es wird also die dem Zwecke entsprechende Tätigkeit der Wende gerade darin bestehen, einen voll, dem cerebellaren Reflexvorgang gleichgerichteten Impuls, durch die Pyramidenbahn hinauszuschicken, wobei der Zustand des Affektes durch die Einengung des Bewußtseins (Wegfallen hemmender endocerebraler Merkmale) noch überdies verstärkend auf den zentrifugalen Impuls einwirkt. Wir haben es also mit einer Einwirkung zweier gleichsinnig gerichteter nervöser Vorgänge zu tun, die sich summieren, den cerebellaren Reflexbogen und den Weg über die Großhirnrinde, bei letzterem mit dem Merkmale des Affektes." Die oben stehende Ausführung läßt daran denken, daß das höchste koordinierende System, nämlich das Cerebrum in seiner Koordinationsleistung einerseits durch ein blitzschnelles, reflexartiges Geschehen sozusagen unterlaufen werden kann, das aber andererseits die Psyche eines Menschen seinen Willen modifizieren und damit auch die willkürliche Motorik positiv oder negativ beeinflussen kann. Diese Affektbetontheit des Geschehens,

die eben A s c h e r anklingen ließ, wird besonders von S e i d e l (8) unterstrichen: "Eine gewisse psychische Spannung wird beim Handgranatenwerfen sehr häufig vorhanden sein. Der Eifer, die Handgranate möglichst weit zu werfen, gibt Anlaß zu verstärkter Muskelanspannung. In dem ersten meiner Fälle wird ausdrücklich hervorgehoben, daß bei dem die Fraktur veranlassenden Wurfe große Mühe aufgewendet wurde, um den auszubildenden Soldaten zu zeigen "wie es gemacht wird". Die übermäßige Anspannung der Muskulatur erscheint also durch die äußeren Umstände verständlich und man kann es sich vorstellen, daß die Kontraktion der in Frage kommenden Muskeln mit ganz erheblicher Gewalt erfolgte."

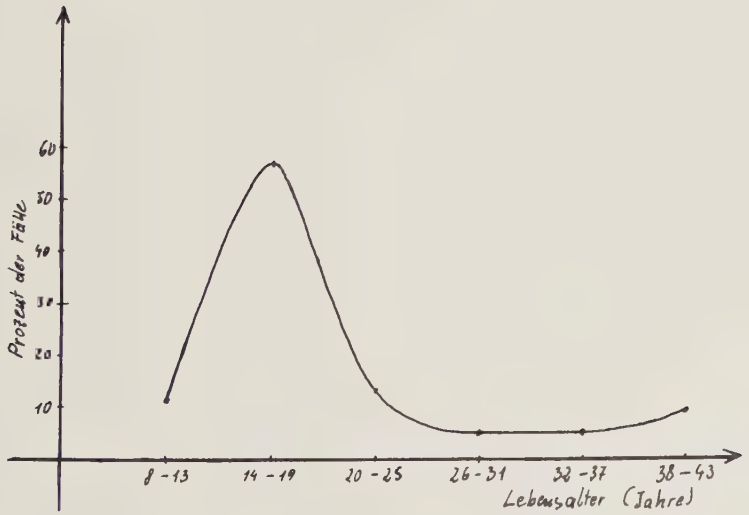
Bei K u l e n k a m p f f (157) wird der Psyche eine erhebliche Bedeutung beigemessen: "So spielt also die vom seelischen Gleichgewicht und seinen Störungen abhängige Spannungslage bei allen Muskelinnervationen eine große Rolle." Seiner Meinung nach hat man z. B. beim sportlichen Laufen aufgrund der Konzentration auf das blitzschnelle Ereignis des Starts nur ein Gefühl für die Vollinnervation der Strecker des Unterschenkels, jedoch kein deutliches für deren Antagonisten. Auch das Moment des Trainings deutet in ähnlicher Weise, nämlich daß man nicht nur lernen muß, die Bewegung zu meistern, sondern auch die psychische Erregung, wie sie Sportleistungen nun einmal mit sich bringen, da sonst die durch das Training erreichte ungeheure Steigerung der angreifenden Kräfte außerhalb einer vernünftigen Kontrolle gerät.

Ü B E R S I C H T

Altersverteilung:

Gesamtzahl der Fälle mit Altersangaben: 110 (8 - 43 Jahre)

Jahre	Fälle	%
8 - 13	12	11
14 - 19	62	57
20 - 25	14	13
26 - 31	6	5
32 - 37	5	5
38 - 43	10	9
	110	100



Signifikanzberechnung zur Kurve (s. o.)

Standart Error of Proportions: $sp = \frac{\bar{p} \times \bar{q}}{N}$

$\bar{p}$ = Population (%)

$\bar{q} = \bar{p} - 100$ %

N = Zahl der Fälle

$sp_1 = \frac{0,11 \times 0,89}{12} = \frac{0,312}{3,464} = 0,090 \times 2 = \pm 18$ % : 0 - 27 %

$sp_2 = \frac{0,57 \times 0,43}{62} = \frac{0,495}{7,874} = 0,063 \times 2 = \pm 12,6$%:44,6 - 69,6%

$sp_3 = \frac{0,13 \times 0,87}{14} = \frac{0,336}{3,741} = 0,089 \times 2 = \pm 17,8$%: 0 - 30,8%

$sp_4 = \frac{0,05 \times 0,95}{6} = \frac{0,218}{2,449} = 0,089 \times 2 = \pm 17,8$%: 0 - 22,8%

$sp_5 = \frac{0,05 \times 0,95}{5} = \frac{0,218}{2,236} = 0,097 \times 2 = \pm 19,4$%: 0 - 24,7%

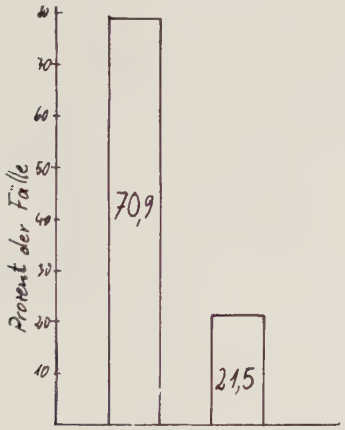
$sp_6 = \frac{0,09 \times 0,91}{10} = \frac{0,280}{3,162} = 0,088 \times 2 = \pm 17,6$%: 0 - 26,6 %

Variationsbreite

Bei einer Vertrauensgrenze von 95 % besteht die Wahrscheinlichkeit, daß weitere Stichproben für die Gruppe 14 - 19 Jahre in einem Bereich von ca. 44,6 % - 69,6 % fallen. Daher unterscheidet sich der Wert der Gruppe 2 (57 %) signifikant von dem aller anderen Altersgruppen in dieser Hinsicht.
Daß die Gruppe 3 mit 0 - 30,8 % der Gruppe 2 am nächsten liegt, erklärt sich aus der folgenden Aufstellung (es handelt sich nämlich hierbei um eine typische Sportverletzung, woraus sich natürlicherweise die Häufigkeit im jugendlichen Alter ergibt).

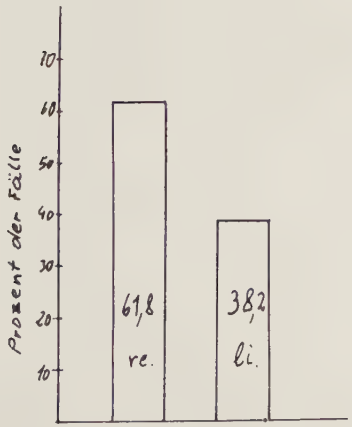
Prozentualer Anteil der Sportunfälle:

Gesamtzahl der Fälle mit Angaben
über die Verletzungsursachen: 182 = 100 %
bei sportlicher Tätigkeit: 129 = 70,9 %
bei anderer Gelegenheit: 53 = 29,1 %



Verteilung auf die betroffene Körperseite:

Gesamtzahl der Fälle mit Angaben
über die Körperseite: 102 = 100 %
davon re.Körperseite: 63 = 61,8 %
li.Körperseite: 39 = 38,2 %



Zusammenfassung

Es wurden aus der Literatur 207 Fälle von Muskelzugfrakturen zusammengestellt. Des weiteren wurden 6 Fälle hinzugefügt, die an der Universitätsklinik München zur Beobachtung kamen. Die einzelnen Meinungen der Autoren über die Ursachen der Entstehung dieser Verletzung wurden ausführlich diskutiert. Es stellte sich heraus, daß diese Muskelzugfrakturen überwiegend bei der Ausübung einer sportlichen Tätigkeit beobachtet wurden (60,6 % der Fälle). Bezogen auf die Körperseite verteilen sich 61,8 % auf die rechte, 38,2 % auf die linke Körperhälfte. Im Hinblick darauf, daß man es hier mit einer typischen Sportverletzung zu tun hat, ist es nicht verwunderlich, daß der Hauptanteil der Fälle auf die Altersgruppe zwischen 19 und 25 Jahren entfällt (siehe Kapitel Übersicht). Ein eigener Abschnitt wurde der Diskussion über die verschiedenen Meinungen einzelner Autoren bezüglich der Ätiologie der Frakturen durch Muskelzug gewidmet. Dabei stellte sich heraus, daß rein mechanische Momente (Mißverhältnis zwischen Gewebefestigkeit und gestellter Aufgabe), mangelndes oder übertriebenes Training, zentral nervöse Störungen (Sammelbegriff Inkoordination)und psychogene Störungen als entscheidende Faktoren anzusprechen sind. Ergänzt wurden diese Überlegungen der zitierten Verfasser durch Erkenntnisse der modernen Neurophysiologie, wobei der Versuch unternommen wurde, zum Teil nur auf Vermutungen basierende Äußerungen durch diese Erkenntnisse zu vervollständigen, zum Teil auch zu untermauern. Es hat sich bei der Betrachtung der genannten Hauptfaktoren gezeigt, daß Innervationsstörungen, unter welchen Umständen sie auch immer provoziert sein mögen, letztlich für das Zustandekommen dieser besprochenen Verletzungsart verantwortlich zu machen sind.

Verzeichnis der zitierten Autoren - weitere Angaben der Literatur

1.)	Henschen	z. b. W. Wagner, med. Klinik 37 1941 S. 453
2.)	Hippokrates	z. b. Maydl, Dt. Zeitschr. f. Chirurgie 1882 III und IV Heft S. 310
3.)	Morgagni	De sedibus et canis morbor. ect. Lugd. Bat. 1778
4.)	C.L. Wilmoth	z. b. Dehne Archiv f. Orthop. u. Unfallchir. Bd. 39 1938 S. 465
5.)	Ashurst	z. b. v. Saar: Die Sportverletzungen, Neue Dt. Chir. 1914
6.)	Kasuya, Yakuse	Okayama - Jgakkui-Zasshi 42, 2718-2721 1930
7.)	Melnotte	z. b. v. Saar: Die Sportverletzungen, Neue Dt. Chir. 1914
8.)	Seidel	Mü. med. Wochenschr. 1917 Nr. 6 S. 199
9.)	Warstat	Mü. med. Wochenschr. 1917 Nr. 6 S. 200
10.)	Schläpfer	Archiv f. Orthop. u. Unfallchir. 1922 S. 138
11.)	Double	z. b. Schläprer: Archiv f. Orthop. u. Unfallchir. 1922 S. 138
12.)	Burkhard	Archiv f. Klin. Chir. Bd. 185 (1936) S. 438
13.)	Wachsmuth u. Wölk	über Sportunfälle und Sportschäden, Leipzig 1935
14.)	Kaiser	z. b. Arnold: Lehrbuch der Sportmedizin 2. Aufl. 1960
15.)	Kehl	Der deutsche Militärarzt 3/Juni 1938
16.)	Ciszkiewicz	Lek. wojsk. 27, 289, 1936

17.)	v. Krainz	Archiv f. Orthop. u. Unfallchir. 1938 Bd. 39 S. 429
18.)	Hülse	z. b. Arnold: Lehrbuch der Sportmedizin 2. Aufl. 1960
19.)	Matti	Die Knochenbrüche und ihre Behandlung Berlin 1931 S. 38
20.)	F. Heiß	Vermeidung von Sportschäden am Bewegungs-apparat, Leipzig 1938
21.)	Küttner	z. B. Kehl: Der deutsche Militärarzt 3/Juni 1938
22.)	Maydl	Dtsch. Z. Chir. 17 306 1882, 1838
23.)	Dehne	Arch. f. Orthop. u. Unfallchir. Bd 39 1938 S. 465
24.)	Milbradt	Berl. Klin. Wo.schr. 1902, 146
25.)	Marenholz	Ärztl. Sachverst. Zeitung 1140 Nr. 10 S. 73
26.)	Clairmont	z. b. Bartolotti Mü. med. Wo.schr. 1924 S. 451
27.)	Resni	Zbl. Chir. 1932
28.)	Cords	Arch. Orthop. Chir. 35 1934 563
29.)	Heiss	Klin. Wo.schr. 1929, I
30.)	Granhan und Mauss	Zbl. Chir. 1938, 42 S. 2311
31.)	Dubs u. Mixton	z. b. Cords: Arch. Orthop. Chir. 35 1934 563
32.)	Knoll	Schweiz. med. Wo.schr. 1913 II
33.)	Bittentruit	z. b. Maydl: Dtsch. Z. Chir. 17 306 1882, 1838

34.) Malgaigne — z. b. v.Saar: Neue dt. Chir. 1914

35.) von Saar — Neue dt. Chir. 1914

36.) Brosard — z. b. v. Saar: Neue dt. Chir. 1914

37.) Hamilton und Labat — z. b. v. Saar: Neue dt. Chir. 1914

38.) Bähr — Dt. Zeitschr. f. Chir. Bd. 39 1894 S. 251

39.) Arnold — Mü. med. Wo.schr. 1928 S. 1918

40.) Frank-Pittowa — Röntgenpraxis 1933, 237

41.) Rauhs — Wien. med. Wo.schr. 1948, 143

42.) Nadler — Zbl. Chir. (1935) 2790

43.) Bittersohl — Arch. Orthop. Unfallchir. (1934), 311

44.) Friedl — Röntgenpraxis 1933, 881
dazu: Levi Dt. Zeitschr. Chir. 1931, 82
Otrowski: Polski Przegl. chir. 1929, 322

45.) Huber — Zbl. Chir. 1935, 1773
dazu: Meyer Dt. Zeitschr. Chir. 1935, 395
Pickham: Röpraxis 1930, 975
Sommer Beitr. klin. Chir. 1935, 161,8

46.) Gurlt — Handbuch der Lehre von den Knochenbrüchen 1862 Bd. 1 und 2

47.) Mandl — Chirurgie d. Sportunfälle 1925

48.) Dubs — Dtsch. Z. Chir. 1916

49.) Ebert — Mü. med. Wo.schr. 2.1.1931 S. 27

50.) Karfiol — Zbl. Chir. 1930, 789

51.) Haltrich — Freie Vereinigung d. Chirurgen Wiens Januar 1931 Ref. Zbl. Chir. 1931/1600

52.) Kühnast — Archiv f. Orthop. u. Unfallchir. 1925 S. 460

53.) Steinthal — z. b. Kühnast: Arch. f. Orthop. und Unfallchir. 1925 S. 460

54.) Boß — z. B. Kühnast: dto.

55.) Lutz — dto.

56.) Brandenberg — dto.

57.) Reverdin — dto.

58.) Auer — dto.

59.) Wirtz — dto.

60.) Ruppert — dto.

61.) Kleinschmidt — Dt. med. Wo.schr. 1931/1895

62.) Löhr — Dt. med. Wo.schr. Nr. 23 1930 S. 958

63.) Schnidtmann — Mü. med. Wo.schr. Nr. 36 1925 S. 1540

64.) Wagner — Arch. f. klin. Chir. 171/1932 S. 503

65.) Kahnt — Zbl. Chir. 1930, 2057

66.) Schlöffel — Ref. Z. Org. Chir. 1935 I 122

67.) Gallagher — Amer. Surg. 102 86/88 (1935) Ref. Zbl. Chir. 1936/31

68.) Köhler — z. b. Hanke

69.) Hanke — Arch. orthop. Chir. 31

70.) Rothbart — Zbl. Chir. 13, 1932

71.) Voigt — Mü. med. Wo.schr. Nr. 36 1925 S. 1540

72.) Schmieden — Zbl. Chir. 1935, 2529

73.) Düben — Der Chirurg Nr. 21 Heft 8 1950 S. 148

74.) Milch — z. b. Gutschank

75.) Leod und Lewis — z. b. Gutschank

76.) Berry	z. b. Gutschank
77.) Gutschank	Arch. f. Orthop. u. Unfallchir. 1933, 256
78.) Hellmer	Arch. f. orthop. Chir. 1933
79.) Hartwich	Praktikum der kleinen Sportverletzungen 1934
80.) Bull	z. b. v. Saar: Neue dt. Chir. 1914
81.) Neck	Dt. Zeitschr. f. Unfallheilkunde 1913
82.) Waechter	Dt. Zeitschr. f. Chir. Bd. 8
83.) Neugebauer	Med. Klinik Nr. 45 1921 S. 1358
84.) Ascher	Archiv f. Orthop. u. Unfallchir. 1922 S. 499
85.) Bähr	Dt. med. Wo.schr. Nr. 42 1911 S. 1942
86.) Bortolotti	Mü. med. Wo.schr. 1924 S. 451 Monatschr. f. Unfallheilkunde und Vers.medizin 1923 Nr. 4 S. 79
87.) Carthy	z. b. Nägeli: Bruns Beiträge Bd. 77 1912 S. 242
88.) Stinson	z. b. Ruhl Bruns Beiträge 1920, 676
89.) Vorschütz	Dt. Zeitschr. f. Chir. Bd. 117 S. 243
90.) Wagner	Dt. Zeitschr. f. Chir. Bd. 119 S. 557 1912
91.) Pegger	Bruns Beiträge 1912 Bd. 81 S. 183
92.) Walbaum	Dt. Zeitschr. f. Chir. Bd. 128 S. 139
93.) Ingrassia	z. b. Morgagni: siehe Pkt. 3.)
94.) Brunelle	z. b. Bortolotti
95.) Bardenheuer	Allg. Lehre von den Frakturen u. Luxationen Verlag Enke Stuttgart 1907, S. 17
96.) Pochhammer	Verhandl. d. deutschen Gesellsch. f. Chir. 38. Kongr. 1909 S. 278 Arch. f. Klin. Chir. Bd. 91 1910, S 719
97.) Feinen	Dt. Zeitschr. f. Chir. 1909 Bd. 99, S. 444
98.) Hannemüller	Bruns Beiträge 1910 Bd. 70, S. 905
99.) Ruhl	Bruns Beiträge 1920, S. 676
100.) Eikenbarry	Journal of orthop. Surg. 1921 Bd. 3 Nr. 9 S. 464-468

101.) Nägeli	Bruns Beiträge Bd. 77 1912 S. 242
102.) Poston	Zentralorg. f. d. ges. Chir. 1921 S. 314
103.) Rácz	Ard. f. Orthop. u. Unfallchir. Bd. 35 1934 S.306
104.) Strebel	Klin. Wo.schr. 1928, 123
105.) Usland	Zentralorg. f. d. ges. Chir. 1921, S. 111
106.) Carl	Dt. Zeitschr. f. Chir. 1923, 179, S. 266
107.) Hoch	Dt. Zeitschr. f. Chir. 1909, Bd. 87, S. 405
108.) Jacobson	Klin. Wo.schr. Nr. 45 1926, S. 2120 dazu: Grüne Zeitschr. f. Orthop. u. Chir. 1911, 29, 80 Piquard u. Donnai Bulletin et mémoires de la société anatomique de Paris 1908 S. 486
109.) Kremser	Rö. Praxis 1934 Bd. 6, 370
110.) Langdon	Ref. Zentralorg. f. Chir. 1925, 30, 562
111.) Moreau ef Lecourtier	Arch. france belges de chirurg Ig. 25 Nr. 12 S. 1121 Zbl. f. Chir. 1925 Nr. 28 S. 1565
112.) Mosenthal	Med. Klin. 1929 Bd. 9
113.) Chaput	Ref. Zentralbl. f. Chir. 1912
114.) Binet und Hammant	Zeitschr. f. Chir. 1912 Nr. 7, S. 245
115.) Grune	Zeitschr. f. Orthop. Chir. 1911 Bd. 29, S. 80
116.) Martius	Mü. med. Wo.schr. Bd. 58, S. 2636 1911
117.) Matrosow	Vestn. Chir. H 64 165-169 (1930) Zentr.org. f. ges. Chir. 1931 S. 314
118.) Urban	Dt. Zeitschr. f. Chir. 1927 S. 89 dazu: Ruth; Journ.of the Americ. med.associatio 1921, 77, S. 1811
119.) Vadsten	Ugeskr. Laeg. 1931 I, 30-32, Zentralorg. f. Chir. 1931, S. 74
120.) Schülein	Mü. med. Wo.schr. Nr. 29 1919 S. 914
121.) Küntscher	Arch. Klin. Chir. 1938, 665
122.) Pirker	Ergebnisse der Chirurgie u. Orthopädie 1934

123.) Otten	Zbl. f. Chir. 1941 Nr. 27 S. 1275
124.) Asal	Arch. Klin. Chir. 186 Bd. 113, 511
125.) Unglaube	Zbl. Chir. 1955, S. 1372
126.) Sistach	z. b. Maydl: siehe Pkt. 22.)
127.) Pitha	z. b. Maydl: siehe Pkt. 22.)
128.) Schönbauer	Mo.Schr. Unfallheilkunde 1957, S. 83
129.) Thiel	z. b. Hartwich: siehe Pkt. 79.)
130.) Winterstein	Schweiz med. Wo.Schr. 1934 II
131.) Wittek	Ref. Münch. med. Wo.schr. 1929 I
132.) Cerito	Zentr. Org. Chir. 44
133.) Will	Zbl. Chir. 1925, 1793
134.) Abesser	Zbl. Chir. 1954, 1997
135.) Usland	Zentralorg. f. d. ges. Chir. 1921, S. 111
136.) Voigt	z. b. Maydl: siehe Pkt. 22.) z. b. v. Saar: siehe Pkt. 35.)
137.) Sonntag	z. b. v. Saar: siehe Pkt. 35.)
138.) Schlatter	Bruns Beiträge 38, 874
139.) Lossen	z. b. Maydl: siehe Pkt. 22.)
140.) Volkmann	z. b. Maydl: siehe Pkt. 22.)
141.) v. Pitha	z. b. Maydl: siehe Pkt. 22.)
142.) Gussenbauer	z. b. Maydl: siehe Pkt. 22.)
143.) Kästner	Ergebnisse der Chir. u. Orthop. Bd. 17 1924, S. 240
144.) Kapel	Mü. med. Wo.schr. 1932 II
145.) Walz	Dtsch. Z. Chir. 1897, 430
146.) Böhler	Wien W. Maudrich 3. Aufl. 1938
147.) Struppler	Arch. orthop. Chir. 39 1939 S. 651
148.) Thorpe	Z. C hir. 1911, Nr. 35
149.) Schütz	Mü. med. Wo.schr. 1925, 836
150.) Koch	Zbl. Chir. 1911 Nr. 35

151.)	Landois Rosemann	Lehrbuch der Physiologie des Menschen 28 Bd. 1 und 2, 1960
152.)	Baetzner	Med. Klin. 34 (1939), 553
153.)	Payr	Arch. chirurgica Scandinavica 1932, S 718
154.)	Förster	Die Physiologie u. Pathologie der Koordination, Jena 1902
155.)	Burkle	de la Champ, Handbuch der Unfallheilkunde Bd. III S. 271
156.)	Lewandowski	Handbuch der Neurologie Bd. 1/2
157.)	Kulenkampff	Bruns Beiträge Bd. 173 1942, S. 138

dazu:	Breitner	Sportschäden u. Sportverletzungen Bd. 58 Neue Dt. Chir. 1953
	Roegholt	Nederl. Mschr. Geneesk Ig. 13 Nr. 5 S. 288
	Rovida	Osp. magg. Milano 1914, Nr. 10
	Ettore	Ped. magg. 1927, 31, 3
	Ruth	Jamer med. Assoc. 1921, 77
	Stutz und Fontaine	Gaz. Hôp. 1926 90. Heft. 30
	Axhausen	Arch. f. Klin. Chir. Bd. 98
	Borgmann	Chirurg 1937 H. 15
	Key	Lancet (1827) 32
	Venable	Amer. J. Surg. 1934, 478
	Hüter	Grundrisse der Chirurgie 11. Aufl. Bd. 2
	Sitt	Med. Klinik 1948, 485
	Kaspar	Zbl.Chir. 1941, 1286
	Flordh	Nord. psychiatr. Medensbl. 1949, 169
	Wacholder	Erg. Physiol. Bd. 66, 568, 1928

Danksagung

Für die Überlassung des Themas und seine aktive Mitarbeit danke ich Herrn Prof. Dr. P ö s c h l .

Dank sagen möchte ich auch den Herren Referenten und Coreferenten.

Den leitenden Direktoren der Berufsgenossenschaften Nahrungsmittel und Gaststätten, Eisen und Stahl sowie der Bauberufsgenossenschaft und der Genossenschaft für Einzelhandel möchte ich dafür danken, daß sie mir großzügig und äußerst hilfsbereit Einblick in ihre Archive gewährten.

Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Dr. Simon Werner, der mich bei der statistischen Auswertung des Themas beraten hat.

Lebenslauf

Am 18.11.1943 wurde ich als Sohn des Erich Herndl, Beruf Versicherungsdirektor, und der Erika Herndl, geb. Alexander, in Wien geboren.

Vom Jahre 1949 bis 1953 besuchte ich in Wien die Volksschule. Nachdem ich 1954 ein Jahr das Piaristen-Gymnasium besucht habe, übersiedelte ich mit meinen Eltern nach München. Seit April 1954 ging ich im Wittelsbacher Gymnasium zur Schule, wo ich am 22.7.1964 meine Reifeprüfung abgelegt habe.

Am 23.10.1964 immatrikulierte ich an der Ludwig-Maximilians-Universität München zunächst an der naturwissenschaftlichen Fakultät. Ab 26.4.1965 wurde ich zum medizinischen Studium zugelassen, wobei mir das eine naturwissenschaftliche Semester zum Medizinstudium angerechnet wurde. Die naturwissenschaftliche Vorprüfung legte ich am 26.4.1966, die ärztliche Vorprüfung am 23.10.1967 ab. Im Frühjahr 1971 beendete ich mein Studium und bestand am 18.2.1971 das medizinische Staatsexamen.

Als Medizinalassistent trat ich am 1.5.1971 bis zum 31.10.71 meine erste Stelle an der chirurgischen Abteilung des Krankenhauses des 3. Ordens Nymphenburg an.

Vom 1.11.1971 bis 29.2.1972 war ich als Medizinalassistent an der II. Universitäts-Frauenklinik tätig.

Elga Herndl